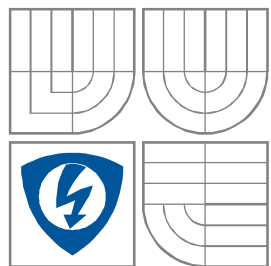


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

## Zpracování obrazů sítnice oka v prostředí LabVIEW

Fundus image processing in LabVIEW

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Lucia Spišiaková

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. Vratislav Harabiš

BRNO 2012

## **ABSTRAKT**

Bakalárska práca sa zaoberá metódami pre diagnostiku chorôb sietnice oka s podrobnejším zameraním na diagnostiku pomocou digitálnej fundus kamery. V tejto práci je popísaná teória k spracovaniu obrazu. Taktiež je rozobratý formát obrázkov získaných pomocou fundus kamery a obrázkov určených na spracovanie. Je navrhnutý a realizovaný model programu v prostredí LabVIEW vhodný na spracovanie obrazu, ako úprava jasů, ekvalizácia alebo prevzorkovanie. Software umožňuje jednak zobrazenie ale aj uloženie upraveného obrazu na základe určených parametrov. K programu je vypracovaná užívateľská príručka.

## **KĽÚČOVÉ SLOVÁ**

LabVIEW, sietnica, diagnostika chorôb sietnice oka, digitálna fundus kamera, spracovanie obrazu, CR2, IMAQ Vision

## **ABSTRACT**

The bachelor work deals with methods of diagnosis of retina of the eye with a more detailed focus on digital fundus camera. It describes the theory of image processing. It also covers the topic of formatting images for processing. A program suitable for image processing like brightness adjustment, equalization and resampling is designed and implemented in LabVIEW. Software allows user to see and to save a processed image. A user guide is attached to the program.

## **KEY WORDS**

LabVIEW, retina, diagnosis of diseases of retina of the eye, digital fundus camera, image processing tools, CR2, IMAQ Vision

SPIŠIAKOVÁ, L. *Zpracování obrazů sítnice oka v prostředí LabVIEW: bakalářská práce.*  
Brno: FEKT VUT v Brně, 2012. 39 s., 3 příl.

## Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma Zpracování obrazů sítnice oka v prostředí LabVIEW jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědoma následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 25. května 2012

.....  
podpis autora

## Pod'akovanie

Rada by som na tomto mieste poďakovala vedúcemu bakalárskej práce, pánu Ing. Vratislavovi Harabišovi za jeho pomoc z pedagogického, odborného a metodického hľadiska. Zároveň by som mu rada poďakovala aj za rady, ktoré mi pomohli k spracovaniu tejto bakalárskej práce.

V Brně dne 25. května 2012

.....  
podpis autora

## Obsah

Úvod .....	5
1. Diagnostika chorôb sietnice oka.....	6
1.1 Anatomická a histologická štruktúra sietnice .....	6
1.2 Metódy diagnostiky patologických stavov sietnice .....	7
1.3 Digitálna fundus kamera.....	8
2. Zlepšenie kvality obrazu .....	10
2.1 Jasové transformácie.....	11
2.1 Geometrické transformácie.....	11
2.1 Lokálne predspracovanie .....	13
3. RAW formát .....	14
3.1 Spracovanie RAW formátu.....	15
3.1 Zobrazenie RAW formátu .....	16
4. TIFF (TIF) formát .....	18
4.1 Prevod RAW formátu na TIF (TIFF) .....	18
5. Návrh programu .....	20
6. Programovacie prostredie LabVIEW.....	20
5.1 Návrh programu.....	20
6. Implementácia programu.....	21
6.1 Načítanie obrazu .....	22
6.2 Spracovanie obrazu.....	22
6.3 Uloženie obrazu .....	31
7. Ovládanie programu .....	31
Záver.....	33
Zoznam použitých skratiek .....	34
Zoznam použitej literatúry .....	35
Príloha A .....	37
Príloha B.....	38
Príloha C.....	39

## Zoznam obrázkov

Obr. 1.1. Makroskopická štruktúra sietnice .....	6
Obr. 1.2 Heidelbergský sietnicový tomograf sietnice .....	7
Obr. 1.3 Ambulantný spektrálny OKT .....	7
Obr. 1.5 Skenovacia laserová oftalmoskopia .....	8
Obr. 1.6 Snímok z digitálnej fundus kamery .....	9
Obr. 1.7 Optický systém fundus kamery .....	9
Obr. 1.8 Snímok očného pozadia a jeho rozloženie na RGB zložky. ....	10
Obr. 2.1 Ekvalizácia histogramu .....	11
Obr. 2.2 Geometrická transformácia v rovine .....	12
Obr. 2.3 Interpolácia najbližšieho suseda.....	12
Obr. 2.4 Lineárna interpolácia.....	13
Obr. 3.1. Bayesova interpolácia .....	15
Obr 3.2. Proces vzniku fotografie a následné spracovanie.....	16
Obr. 3.3. FastStone Image Viewer 4.0 .....	17
Obr 3.4. Adobe photoshop , modul camera RAW .....	17
Obr 4.2. Voľba parametrov pri ukladaní TIFF formátu v Adobe Photoshop CS6.....	19
Obr. 5.1. Vývojový diagram programu .....	21
Obr. 6.6. Ukážka programu na rotáciu obrazu .....	24
Obr. 6.7. Vpravo: pôvodný obraz, vľavo .....	24
Obr. 6.8. Ukážka skriptu k úprave jasu. ....	25
Obr. 6.9. Vpravo: pôvodný obraz, vľavo .....	25
Obr. 6.10. Časť skriptu slúžiaca na zobrazenie histogramu a histografu obrazu .....	26
Obr. 6.11. Farebné histogramy pre obraz sietnice.....	27
Obr. 6.12. Ukážka programu k ekvalizácii obrazu .....	27
Obr. 6.14. Ukážka skriptu pre farebné prahovanie.....	29
Obr. 6.15. Prahovanie.....	29
Obr. 6.16. Časť skriptu slúžiaca na extrakciu žiadanej farebnej roviny.....	30
Obr. 6.18. Voliteľné uloženie zmien v obraze .....	31
Obr. 7.1. Ikona a ovládač pre načítanie obrazu zo súboru .....	31
Obr. 7.2. Ukážka vzhľadu front panelu.....	32
Obr. 7.3 Ukážka front panelu .....	32

# Úvod

Snímanie očného pozadia pomocou fundus kamery je rozšírená metóda slúžiaca na diagnostiku chorôb, ktoré sa prejavujú zmenami v štruktúre a textúre sietnice. Sú to predovšetkým ochorenia cievneho riečiska sietnice, ochorenia makuly, zrkového nervu či okolitých tkanív. Digitálna fundus kamera je vďaka svojej všestrannosti a relatívne nízkym finančným nákladom a jednoduchej obsluhu jedným zo základných vybavení očných kliník a ordinácií.

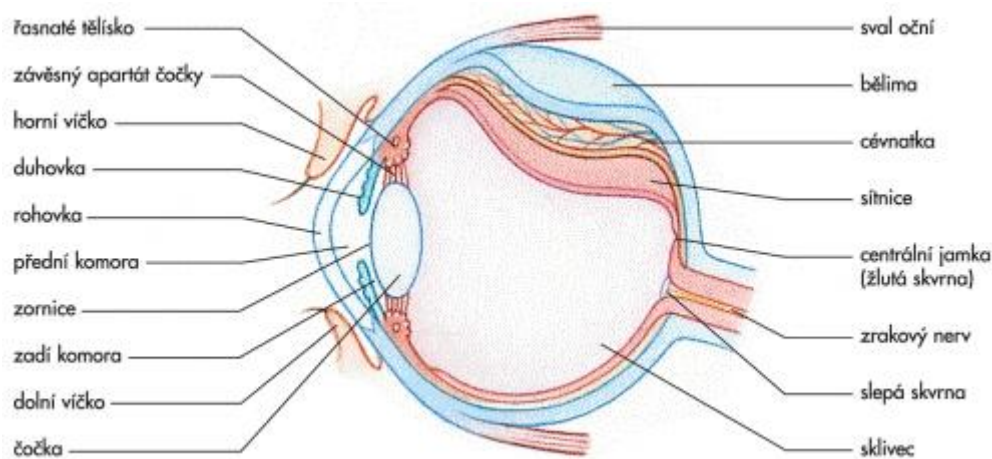
Snímky z fundus kamery sú v digitálnej podobe a mnohokrát nastáva potreba ich ďalej upravovať, aby boli lepším diagnostickým nástrojom.

Cieľom bakalárskej práce je oboznámenie sa s metódami diagnostiky sietnice oka so zameraním na metódu vyšetrenia pomocou digitálnej fundus kamery. Práca popisuje formát raw a tiff pre uloženie obrazu. Výsledkom práce je vytvorenie funkčného softwaru v programovom prostredí LabVIEW verzia 11.0 Student Edition, ktorý realizuje rôzne procesy spracovania obrazu. V teoretickej časti sú rozobrané metódy a spôsoby spracovania obrazu. Takisto je popísaný RAW formát používaný digitálnou fundus kamerou Canon CF-60UV s digitálnym zrkadlovým fotoaparátom Canon EOS 20D, ktorý zaručuje minimálnu stratu prenosu informácie zo senzoru a TIFF formát, ktorý je použitý pri spracovaní obrazu.

# 1. Diagnostika chorôb sietnice oka

## 1.1 Anatomická a histologická štruktúra sietnice

Oko je asi najmenším, ale zároveň aj najdôležitejším zmyslovým orgánom. Z anatomického hľadiska sa delí na viacero častí: 1. ochranné a prídavné časti oka, 2. očná guľa (*bulbus*), 3. spojovka (*tunica conjunctiva*), niekedy zaraďovaná medzi prídavné časti oka, 4. obaly očnej gule (*tunicae bulbi*). Sietnica (*retina*) tvorí vnútornú vrstvu oka. Pozostáva z dvoch vrstiev: vonkajšieho pigmentového listu (*stratum pigmentum retinae*) a vnútorného listu, samotnej sietnice. „Mikroskopicky sa sietnica skladá z 10 vrstiev. Je dôležité si uvedomiť, že percepčná vrstva leží najviac vonku, t.j. až pri *stratum pigmenti retinae*, lúče svetla musia teda pred dosiahnutím čapíkov a tyčínok prestúpiť ostatnými vrstvami sietnice. Z ostatných vrstiev sú najdôležitejšie 2 vrstvy gangliových buniek spojené synapsiami, ktoré odpovedajú šedej mozgovej kôre.“[1] Makroskopicky (obr 1.1) je pozorovateľných viacero častí. Najviac viditeľné sú terč zrkového nervu (*papilla nervi optici*) alebo slepá očná škvrna. V mierne prehĺbenom strede papily vystupuje *arteria a vena centralis retianae*, ktoré sa dichotomicky delia na 4 hlavné vetvy. Pri zadnom póle oka leží kruhovitě tmavšie sfarbené miesto sietnice, žltá očná škvrna (*macula lutea*). V jej centre je pozorovateľná *foveola*, jamka najostrejšieho videnia. Vrstvy sietnice sa v tomto bode redukujú len na vrstvu zmyslových buniek.



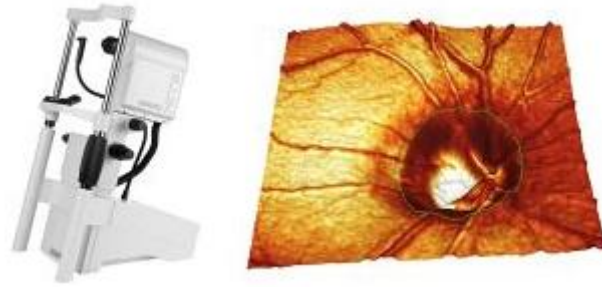
Obr.1.1. Makroskopická štruktúra sietnice; prevzaté z [www.leccos.com](http://www.leccos.com)



## 1.2 Metódy diagnostiky patologických stavov sietnice

- **Heidelberský laserový tomograf sietnice**

Heidelberský sietnicový tomograf (obr. 1.2) je laserový skenovací systém určený na akvizíciu a analýzu 3D obrazov zadného segmentu oka. Umožňuje kvantitatívnu analýzu topografie očných štruktúr a tiež je vhodný na precízne sledovanie topografických zmien v priebehu choroby. Príkladom je popis hlavy glaukomatózneho nervu, analýza makulárnych dier, makulárny edém a analýza defektov v nervovom vlákne. [9]



Obr. 1.2 Heidelberský sietnicový tomograf sietnice; prevzaté z [www.kubena.cz](http://www.kubena.cz)

- **Optická koherentná tomografia (OKT)**

Optická koherentná tomografia (obr. 1.3) je nekontaktná a neinvazívna diagnostická metóda, ktorá zobrazuje biologické tkanivá v ich priečnom priereze obdobne ako ultrazvukové vyšetrenie. Namiesto ultrazvuku ale používa infračervené žiarenie a pri vyšetrení zadného pólu oka má vyššiu rozlišovaciu schopnosť (v axiálnom aj transverzálnom smere 10 – 20 nm). [8]

Výhodami OKT sú živé podpovrchové obrazy s takmer mikroskopickým zobrazením, instantné a priame zobrazenie morfológie tkaniva, vyšetrenie bez potreby prípravy subjektu alebo vzorky a tiež žiadna ionizačná záťaž.

OKT však nezobrazuje štruktúry, ktoré sa nachádzajú v optickom tieni, a porovnávanie jednotlivých vrstiev na základe určitej farebnej škály môže byť zavádzajúce z hľadiska podobnosti znakov jednotlivých ochorení.



Obr. 1.3 Ambulantný spektrálny OKT; prevzaté z [www.kubena.cz](http://www.kubena.cz)

- **Skenovacia laserová oftalmoskopia (SLO)**

Skenovacia laserová oftalmoskopia slúži na zobrazenie očného pozadia v sekvenciách bod po bode vo veľmi vysokej kvalite. SLO (obr. 1.5) umožňuje tiež získať informácie o funkcii určitej oblasti sietnice. Metóda pracuje na princípe obráteného nepriameho oftalmoskopu. Žiarenie vstupuje do oka malým otvorom a späť sa vracajúce žiarenie z oka je smerované prístrojom na veľkú plochu a zachytávané fotodetektormi. Reflektované svetlo je skenované do detailného obrazu, pričom odrazený paprsok je oddelený od paprsku osvetľovaného fundus kamerou.

Pri vyšetrení nie je nutná mydriáza zorničky. V porovnaní s „konvenčnou“ fundus kamerou poskytuje SLO obraz s väčšou hĺbkou zobrazenia, digitálne obrazy nasledujú rýchlejšie po sebe. [10]



Obr. 1.5 Skenovacia laserová oftalmoskopia; prevzaté z [www.opticaonline.net](http://www.opticaonline.net)

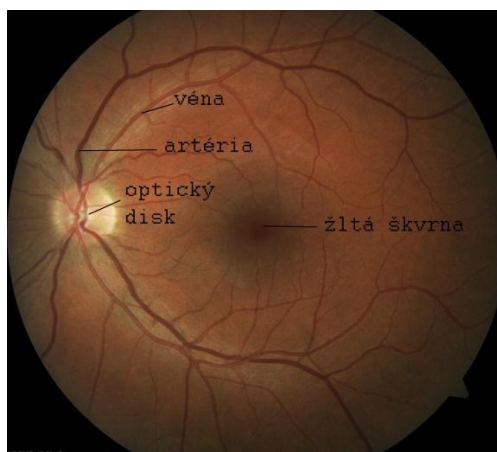
- **Fluorescenčná angiografia (FAG)**

FAG využíva intravenóznú injekciu roztoku fluoresceínu, po ktorom je následne zhotovený rýchly sled fotografií pomocou kamery s vhodnými spektrálnymi excitačnými a bariérovými filtermi. Je vhodné napríklad využiť fundus kameru. FAG umožňuje veľmi dobre zviditeľniť cievne riečisko a ľahšie pozorovať možné patologické zmeny. Používa sa na zobrazenie cievneho zásobenia sietnice, choroidei, terča zrakového nervu alebo dúhovky, prípadne ich kombinácie. [8]

### ***1.3 Digitálna fundus kamera***

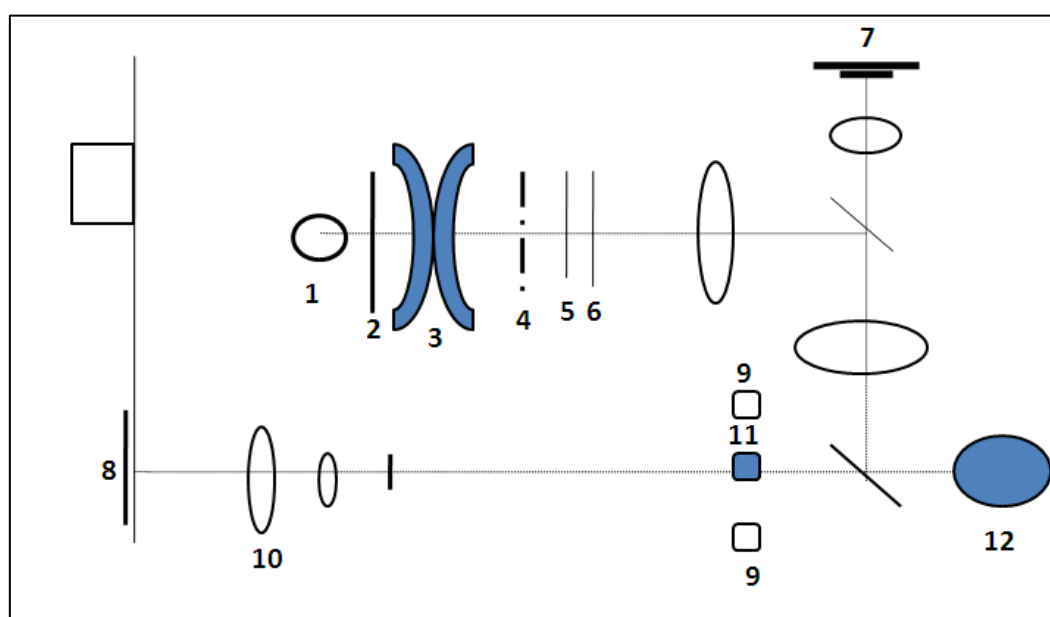
Počas niekoľkých posledných rokov sa záujem o hodnotenie VNV pomocou fundus kamery opäť zvýšil, čo je zrejme dané možnosťou fotografovať digitálne a snímok ďalej upravovať počítačovými programami tak, aby vrstva nervových vlákien a jej zmeny v glaukóme boli lepšie viditeľné, a tiež tým, že fundus kamera je súčasťou základného vybavenia oftalmologických pracovísk. [5]

Fundus kamera alebo tiež iným názvom retinálna kamera je špecializovaný nízkovýkonový mikroskop s prichytenou digitálnou kamerou určenou na fotografovanie vnútornej plochy oka, ako sietnica, optický disk, macula a zadný pól (fundus). (obr. 1.6)



Obr. 1.6 Snímok z digitálnej fundus kamery; prevzaté z [www.clkbrno.cz](http://www.clkbrno.cz)

Optický systém fundus kamery (obr. 1.7) je založený na báze nepriameho oftalmoskopu. Fundus kamery sú popisované uhlom zobrazenia – optický vstupný uhol šošovky. Uhol  $30^\circ$  považovaný za normálny uhol vytvorí obraz 2,5 krát väčší ako originálny snímaný obrazový priestor. [11]

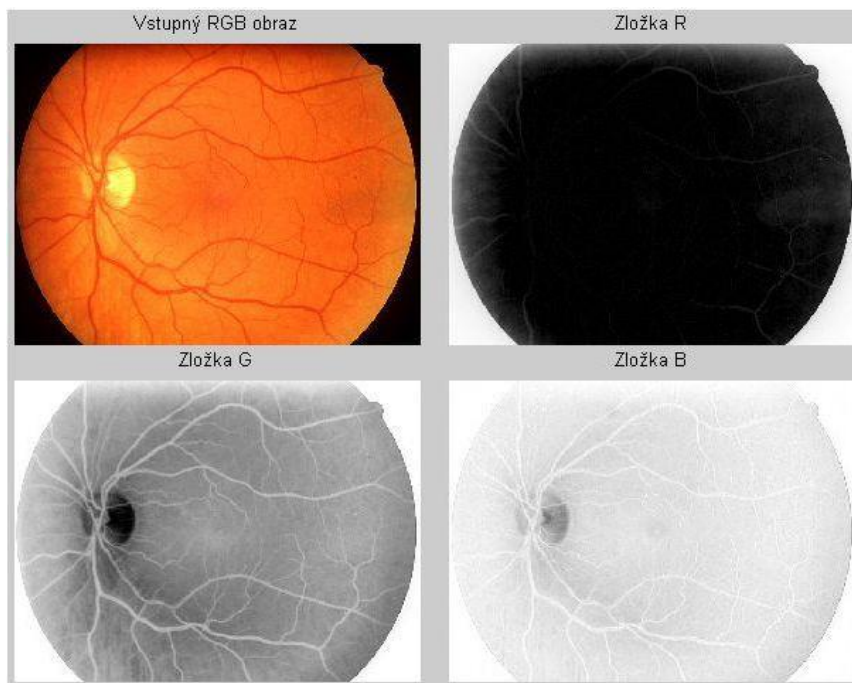


- |                            |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1. Halogénová lampa        | 7. CCD kamera                   |
| 2. Clona                   | 8. Apertúra pre meranie odrazu  |
| 3. Optika pre fokusáciu    | 9. Optika pre zaostrenie obrazu |
| 4. Apertúra pre ilumináciu | 10. Dióda pre zameranie oka     |
| 5. Farebný filter          |                                 |
| 6. Farebný filter          |                                 |

Obr. 1.7 Optický systém fundus kamery; prevzaté z [www.dbme.feec.vutbr.cz](http://www.dbme.feec.vutbr.cz)

Fundus kamera má široké využitie pri podpore diagnostiky glaukómu, diabetes mellitus, degenerácii sietnice, makulárnej degradácii a ďalších patologických stavov.

Digitálna fundus kamera produkuje farebné snímky. Vzhľadom na široké využitie fundus kamery ako diagnostického nástroja je potrebné využitie rôznych spektier farieb (obr.2.1) pre zvýraznenie jednotlivých štruktúr alebo textúry očného pozadia. Niektoré spektrá sú zbytočné. Pri analýze nervových vlákien boli použité GB snímky. Modrozelený excitačný filter nie je pre snímanie vrstvy nervových vlákien nutný. [5]



Obr. 1.8 Snímok očného pozadia a jeho rozloženie na RGB zložky; prevzaté z [www.cmi.sk](http://www.cmi.sk).

## 2. Zlepšenie kvality obrazu

Pri predspracovaní obrazu dochádza k manipulácii s obrazom tak, že daný obraz vyzerá subjektívne lepšie. Táto metóda je aplikovaná tam, kde sa predpokladá vizuálna analýza alebo interpretácia obrazu. Interpretácia môže byť zaťažená rôznymi znehodnoteniami obrazovej kvality, ktoré môžu nastať v procese získavania obrazu alebo prenosom dát. Je potrebné vybrať také úpravy, ktorými sa potrebné vlastnosti obrazu zvýrazia. Príkladom môže byť kontrast, farba alebo tvar objektu. [6]

### Nástroje predspracovania obrazu:

Metódy predspracovania môžeme rozdeliť na tri základné typy:

- Jasové transformácie – transformácia závisí od vlastností pixela samotného
- Geometrické transformácie
- Lokálne predspracovanie – transformácia závisí od samotného pixela a jeho okolia [12]

## 2.1 Jasové transformácie

Jasové transformácie je možné rozdeliť do dvoch skupín:

- jasové korekcie
- šedotónové transformácie.

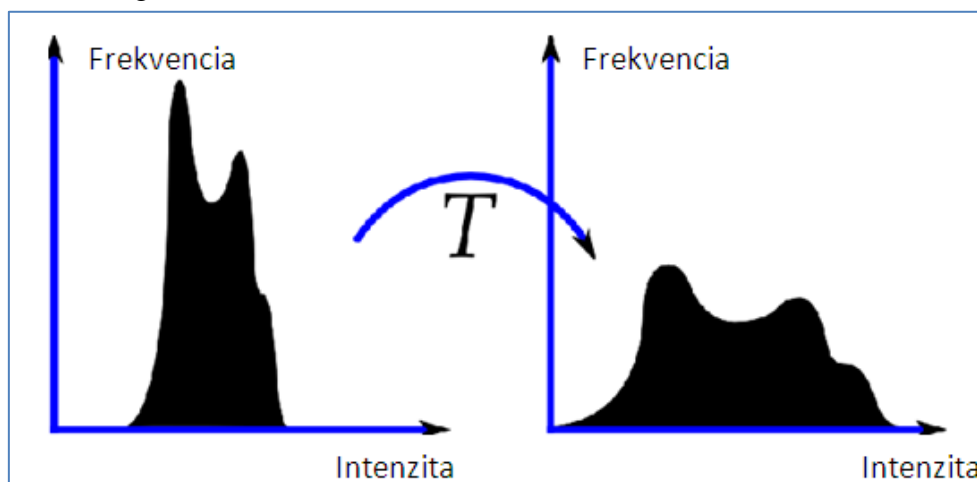
Jasové korekcie modifikujú jas pixela berúc do úvahy jeho hodnotu a jeho polohu v obraze. Šedotónové transformácie menia jasovú úroveň bez ohľadu na pozíciu v obraze. Najčastejšie používanými šedotónovými transformáciami sú rozťahnutie jasového intervalu, ekvalizácia histogramu a pseudofarebné transformácie.

### Ekvalizácia histogramu

Dobrý šedý obraz by mal dosiahnuť oba jasové extrémny (čierny a biely), a popri tom, vizuálny zážitok je dobrý, ak sú všetky medziležiace odtiene distribuované rovnomerne t.j., keď je histogram obrazu približne plochý. Nerovnomerná kontrastová transformácia, ktorá mení intenzity pixelov tak, že histogram je optimalizovaný s rešpektom na takúto rovnocennosť, sa nazýva ekvalizácia histogramu [4].

Histogram určuje počet obrazových bodov, ktoré majú rovnakú úroveň šedi, ale neposkytuje informáciu o umiestnení bodov v obraze. K určitému obrazu je priradený jeden histogram, ale určitému histogramu môže odpovedať aj niekoľko obrazov. [2].

Ekvalizácia zvýši kontrast pre úrovne blízko maximu histogramu a zníži kontrast pre úrovne blízko minimu histogramu (obr. 2.2) [15].



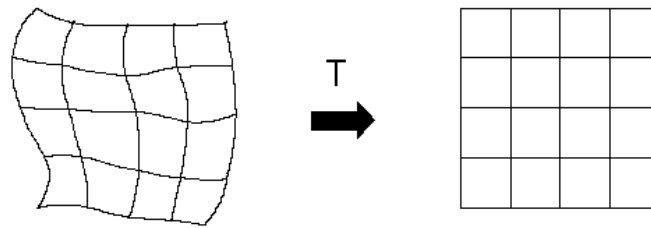
Obr. 2.1 Ekvalizácia histogramu; prevzaté z [13]

## 2.1 Geometrické transformácie

Geometrické transformácie (obr. 2.3) umožňujú eliminovať geometrické deformácie, ktoré sa môžu objaviť pri snímaní obrazu. Vzorec transformácie:

$$x' = T_x(x, y)$$

$$y' = T_y(x, y). \quad (2.1)$$



Obr. 2.2 Geometrická transformácia v rovine; prevzaté z [www.css.engineering.uiowa.edu](http://www.css.engineering.uiowa.edu)

Geometrická transformácia väčšinou pozostáva z dvoch základných krokov:

- Transformácia pixelových súradníc
- Jasová interpolácia – jas sa vypočíta ako interpolácia jasu v niekoľkých bodoch okolia.

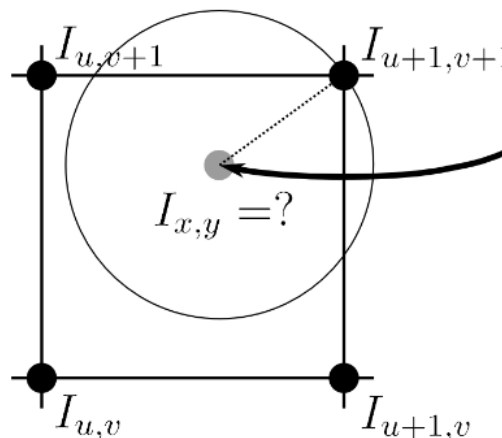
Transformácia pixelových súradníc mapuje súradnice pixela vstupného obrazu na obrazový bod výstupného obrazu; často sa používajú afinné a bilinéarne transformácie. [13]

Príkladom geometrickej transformácie môže byť otočenie (o uhol  $\phi$ ), zmena škály, zošikmenie (o uhol  $\phi$ ).

Súradnice výstupného pixela obyčajne nezodpovedajú digitálnej mriežke, a preto sa používa interpolácia na určenie jasu výstupného pixela. [13]

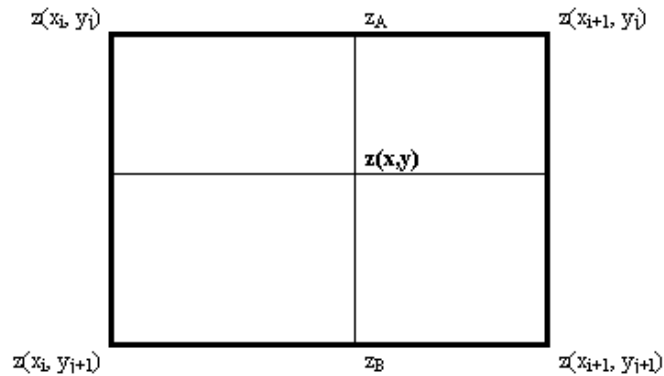
Jasová interpolácia tiež využíva rôzne metódy:

- Interpolácia najbližšieho suseda – priradí jas najbližšie známeho bodu



Obr. 2.3 Interpolácia najbližšieho suseda; prevzaté z [www.mias.unibas.ch](http://www.mias.unibas.ch)

- Lineárna interpolácia – priradí lineárnu kombináciu 4 susedov



Obr. 2.4 Lineárna interpolácia; prevzaté z [www.efg2.com](http://www.efg2.com)

- Bikubická interpolácia – najlepšie aproximuje, ale potrebuje až 16 susedných bodov

## 2.1 Lokálne predspracovanie

Metódy lokálneho predspracovania používajú malé okolie obrazového bodu (obvyčajne štvorcové) zo vstupného obrazu na vytvorenie novej jasovej hodnoty obrazového bodu vo výstupnom obraze. Také operácie sa nazývajú filtrácie. [13]

Predspracovanie väčšinou sleduje dva ciele: vyhladzovanie a ostrenie - (zvýraznenie hrán). Vyhladzovanie slúži na potlačenie vyšších frekvencií, a tým aj zároveň rozostreje hrany. Detekcia hrán naopak potláča nižšie frekvencie, ale spolu s tým zvýrazňuje aj šum.

### Vyhladzovanie obrazu

Cieľom vyhladzovania je potlačiť šum alebo malé fluktuácie v obraze pomocou odstránenia redundancie obrazových dát. Proces je ekvivalentný potlačeniu vyšších frekvencií v odbore Fourierovej transformácie, čiže nízkofrekvenčnému frekvenčnému filtru. Ten sa v diskretnom prípade aproximuje najlepšie koeficientmi 1 v každom pixeli konvolučnej masky, pričom výsledok predelíme súčtom koeficientov masky, aby sme výstupnú hodnotu nedostali mimo povoleného intervalu. Takýto postup zodpovedá obvyčajnému priemerovaniu. [13]

Vyhladzovanie je založené na priemerovaní jasových hodnôt v nejakom okolí pixela. Jeho nevýhodou je rozmazávanie hrán. Sofistikovanejšie metódy redukujú rozmazávanie hrán priemerovaním v homogénnom okolí.

Ak uvažujeme, že

$$f(x, y) = g(x, y) + v(x, y), \quad (2.2)$$

potom

$$\frac{g_1 \dots g_n}{n} + \frac{v_1 \dots v_n}{n}. \quad (2.3)$$

Rovnica (2.3) popisuje priemerovanie. Druhým členom je náhodná premenná s nulovou strednou hodnotou a štandardnou odchýlkou  $\sigma/\sqrt{n}$ , čo znamená, že šum sa znižuje o faktor odmocnina z n.

Mediánová filtrácia je vhodnou voľbou pre potlačenie impulzného šumu. Jej princíp spočíva v zoradení skupiny pixelov pod maskou podľa jasů a výberu mediánu, ktorý je uložený do príslušnej pozície výstupu. [14]

### Zvýraznenie hrán

Ostrenie obrazu zvýrazňuje hrany, ktoré predstavujú miesta, kde sa obrazová funkcia rýchlo mení. Zvýraznenie hrán má rovnaký efekt ako potlačenie nízkych frekvencií v odbore Fourierovej transformácie, čiže zodpovedá použitiu vysokofrekvenčného filtra. Vysokofrekvenčnému filtru zodpovedá maska.

Hrana je vlastnosť, ktorá je priradená k jednotlivému pixelu a počíta sa z priebehu obrazovej funkcie v okolí toho pixela. Hrana má dva komponenty, veľkosť, ktorá je totožná s veľkosťou gradientu, a smer, ktorý je kolmý na smer gradientu. [13]

Na zaostrenie obrazu môžeme využiť viacero operátorov. Použitie a výber vhodného operátora závisí od typu rozmazania, ktoré môže byť direktívne alebo izotropné. [4] Využívajú rôzne princípy ako napríklad prekroenie nuly druhej derivácie obrazovej funkcie, vyhľadanie lokálneho maxima veľkosti gradientu. Jedným z najbežnejších operátorov je diskretný Laplaceov operátor, ktorý môže byť vyjadrený ako suma dvoch masiek:

$$\Delta_x^2 f_{i,k}: \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} + \Delta_y^2 f_{i,k}: \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & -2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = L\{f_{i,k}\}: \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

## 3. RAW formát

RAW formát, tiež niekedy nazývaný digitálny negatív, obsahuje minimálne spracované dáta zo senzoru, v tomto prípade digitálnej kamery. Názov raw v preklade znamená surový. Vznikol z toho, že dáta v tomto formáte nie sú nijak spracované a nemôžeme ich preto ani vytlačiť ani editovať s bitmapovými grafickými editormi. Raw súbor primárne obsahuje hrubé dáta toho, čo senzor zaznamenal, a súčasne dáta informujúce o okolnostiach získania daného snímku (metadáta). RAW preto nie je viazaný k žiadnemu farebnému priestoru, v dátach nie je vyvážená biela, nie je definovaný biely bod a ani gamma krivka. Metadáta vo forme EXIF obsahujú napríklad informácie o značke a modele fotoaparátu, dátume a čase získania snímku, nastavení fotoaparátu a mnohých ďalších.

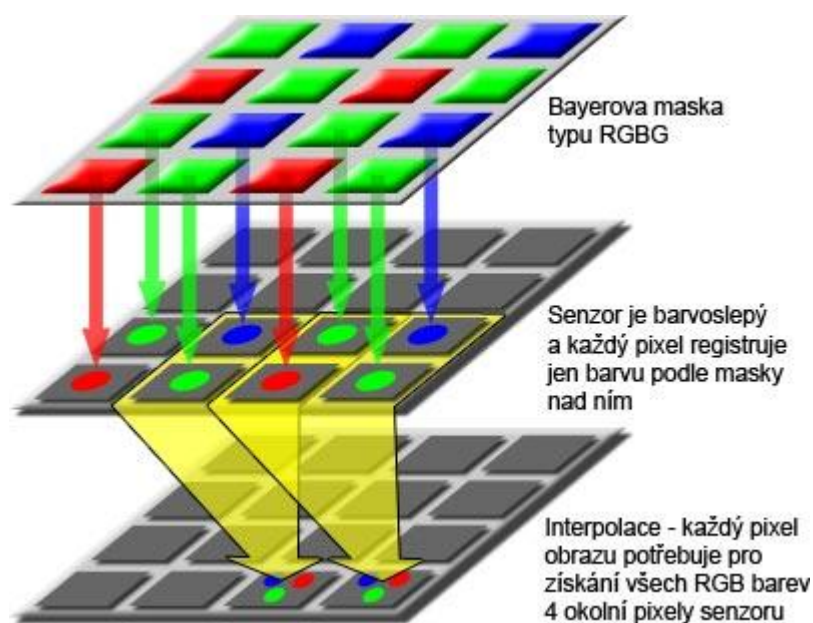
RAW formát však nie je jednotný, skoro každý výrobca fotoaparátov má svoj vlastný. Vzhľadom na použitú fundus kameru Canon CF-60UV s digitálnou zrkadlovkou Canon EOS 20D budeme bližšiu pozornosť venovať práve formátu CR2, ktorý tento fotoaparát využíva.



### 3.1 Spracovanie RAW formátu

Z technologického hľadiska by bolo veľmi komplikované vytvoriť bunku senzoru, ktorá by „videla“ farbu podobne ako ľudské oko. Bunky senzoru zaznamenávajú len množstvo svetla a jas. Na farebné videnie slúžia rôzne filtre. Výrobcovia používajú rôzne farby, najrozšírenejšie sú však odtiene červenej (Red), zelenej (Green) a modrej (Blue).

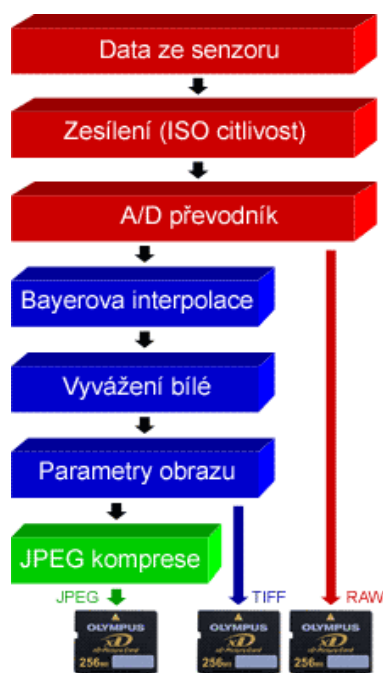
Cr2 využíva práve túto farebnú škálu a Bayesov filter, ktorý obsahuje červené, modré a dvojnásobné množstvo zelených buniek, podobne ako ľudské oko. [18] Farba jedného pixelu fotografie sa vypočíta interpoláciou okolitých pixelov.



Obr. 3.1. Bayesova interpolácia; prevzaté z [www.digimania.cz](http://www.digimania.cz)

Farebná hĺbka je informácia o množstve svetla, ktoré dopadne na senzor. Je veľmi dôležité vybrať správny rozsah hodnôt, tj. akému číslu priradíme maximálne množstvo svetla. Pri 8-bitovom snímaní (8-bitovom prevodníku) je to 256 úrovní jasu, pri 12-bitovom snímaní 4096 úrovní a pri 14-bitovom 16 384 úrovní jasu. Čím je viac bitov, tým je viac hladín jasu a tým je aj jas každej farby jemnejšie zaznamenaný. Veľkosť Raw súboru sa odvíja od typu prevodníka, pri 8-bitovom platí, že 1 pixel je približne 1 bit. Fotoaparáty však obrazy bezstratovo komprimujú, a preto je výsledný súbor ešte menší.

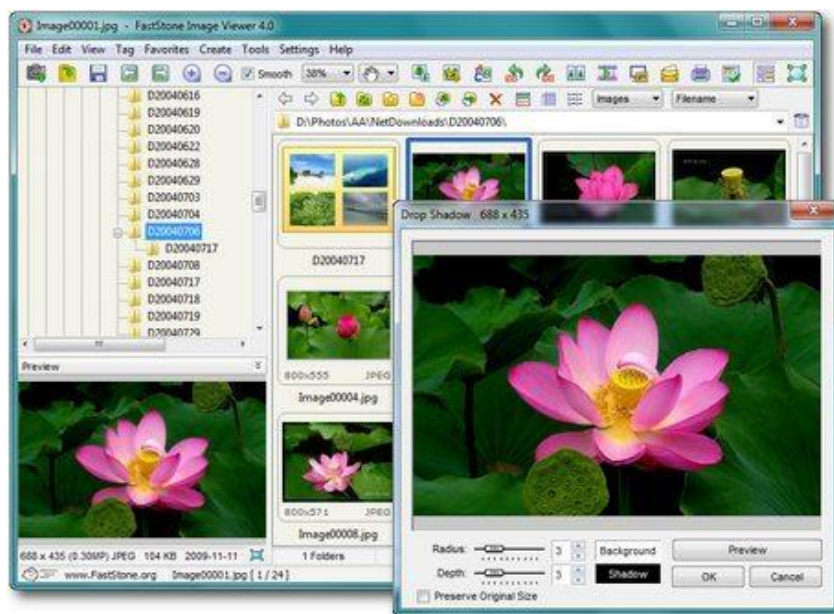
Pri vyvolaní Raw snímku do JPEG sú potrebné vopred prednastavené parametre obrazu. Niektorí výrobcovia ponúkajú viacero image styles, čo je vlastne spôsob vyvolania RAW formátu s vopred nastavenými parametrami.



Obr 3.2. Proces vzniku fotografie a následné spracovanie. Pri JPEG formátu musia byť parametre vopred nastavené. Prebrané z digimanie.cz

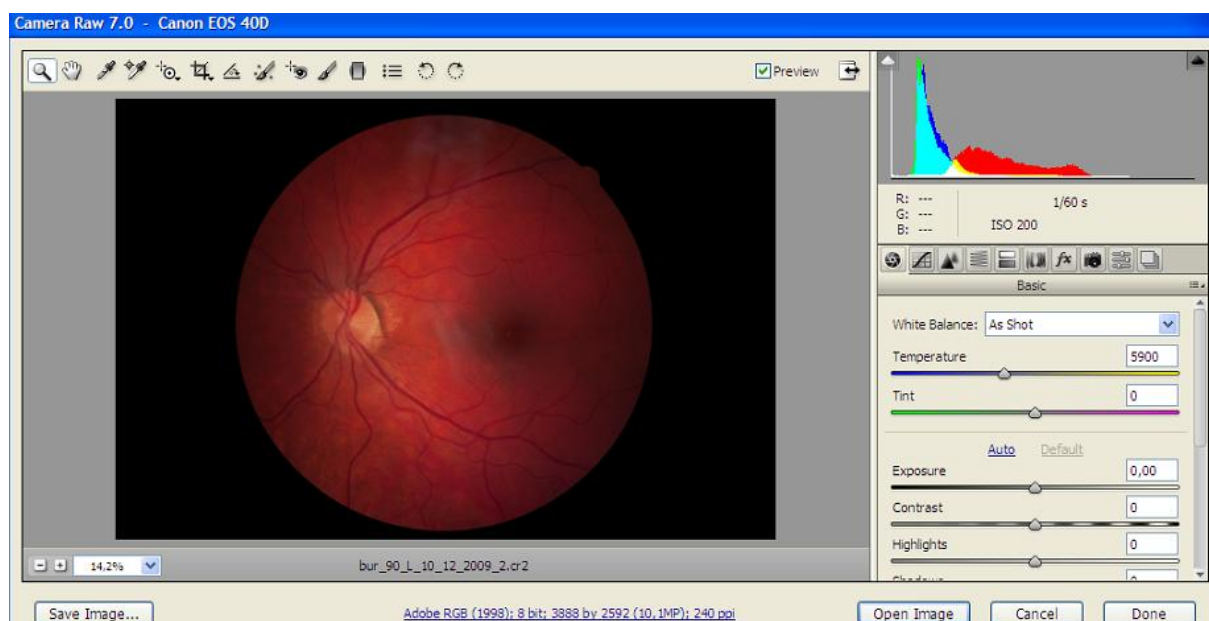
### 3.1 Zobrazenie RAW formátu

Zobrazenie RAW formátu je problematické. Pokiaľ neprebehne Bayerova interpolácia, snímok nie je možné vidieť, a preto väčšina bežných prehliadačov RAW súbor nezobrazí. Existuje však niekoľko dobrých komerčných aj freewarových prehliadačov, ktoré obraz z RAW vypočítajú a zobrazia ho so štandardnými nastaveniami. Jedným z nich je napríklad freewarový prehliadač fotografií FastStone Image Viewer. FastStone Image viewer je schopný zobrazit' rôzne RAW formáty: CRW (Canon), CR2 (Canon), NEF (Nikkon), PEF (Pentax), RAF (Fuji), MRW (Minolta), ORF (Olympus), SRF (Sony), DNG (Adobe).



Obr. 3.3. FastStone Image Viewer 4.0; prevzaté z [www.faststone.org](http://www.faststone.org)

RAW fotoeditory umožňujú aj plnohodnotnú manipuláciu a upravovanie tzv. vyvolanie digitálneho negatívu. Jedným z nich je napríklad Zoner Photo Studio alebo Adobe Photoshop CS6, ktorý patrí medzi najlepšie.



Obr 3.4. Adobe photoshop , modul camera RAW, ukážka programu a možností úpravy snímkov

Adobe Photoshop CS6 ponúka viacero úprav: vyváženie bielej, úprava farebnej (bitovej) hĺbky, expozičná kompenzácia, posun čierneho bodu (začiatku histogramu), oprava expozície, úprava kontrastu a prevodnej tonálnej krivky, odtieň a sýtosť farieb, redukcia šumu, oprava farebných chýb. [19]

## 4. TIFF (TIF) formát

TIFF je skratka pre Tagged Image File Format, ktorý bol pôvodne vytvorený pre účely skenovania výrobcami skenerov. Dnes je vlastníkom formátu firma Adobe, ktorá však jeho používanie nelicenciuje. Posledná veľká revízia a špecifikácia prebehla v roku 1992 (aktuálna verzia 6.0) s menšími úpravami v roku 1994 a 1995. [20]

TIFF formát je bezstratový s veľmi dobrou kvalitou, avšak väčšou veľkosťou. TIFF obsahuje informácie o farbe a rozmeroch, ako „tag (visačka)“ pripojený k súboru (odtiaľ aj názov). [20] Keďže TIFF je tzv. kontajnerový formát, dokáže niesť rôzne obrazové dáta komprimované rôznymi kodekmi. Kontajner je potom len štandardný prenášač so všetkými dôležitými visačkami, ktoré formát správne identifikujú a popisujú. Vďaka tomu je TIFF veľmi flexibilný formát, ktorý dokáže kombinovať rôzne obrázky v jednom súbore, dokáže používať rôzne farebné hĺbky a rôzne spôsoby kompresie. [18] Všetko je postavené na tagu (visačke), pomocou ktorého je možné popísať obsah súboru, organizáciu dát, ich veľkosť, použitý spôsob kompresie. Napríklad spôsob kompresie môže byť JPEG, ZIP, RLE alebo úplne bez kompresie, všetko potrebné je popísané vo visačke.

Spôsob kompresie	Veľkosť 6 MPix súboru (2000x3000 pixelov), bežná fotografia
Bez kompresie	18 030 712
LZW	7 694 004
ZIP	6 646 152
JPEG	1 422 316

Tabuľka 4.1. Rôzne spôsoby kompresie a náležiacia veľkosť súboru

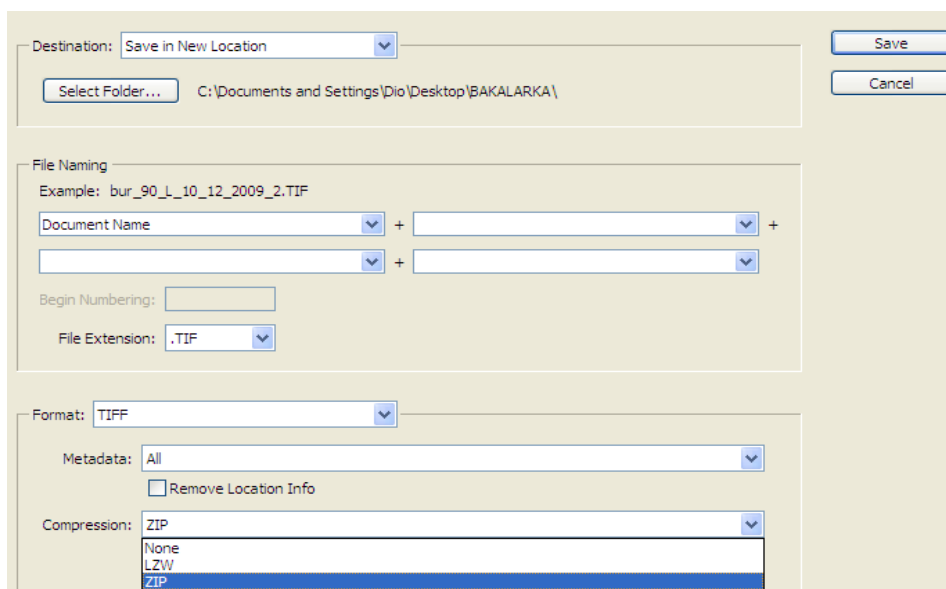
TIFF väčšinou využíva 24-bitovú farebnú hĺbku (8-bitov/kanál). Vďaka tagom však dokáže uložiť aj obrázky, kde je každý pixel len 1 bit (čierna/biela) alebo 48 bitov. Dokáže uložiť rôzne farebné priestory (RGB, CMYK). Formát je vhodný na grafické spracovanie, lebo umožňuje uchovať priehľadnosť v obrázku alebo výrezovú cestu. TIFF má aj svoje nevýhody, jednou z hlavných je veľký súbor a čiastočná nekompatibilita pri niektorých druhoch kompresie. [20]

### 4.1 Prevod RAW formátu na TIF (TIFF)

Vzhľadom na problémy, ktoré sa vyskytli pri riešení bakalárskej práce, boli obrázky prevedené z RAW (CR2) formátu do TIFF formátu pre ďalšie spracovanie. Ako už bolo spomenuté, existuje viacero editorov a konvertorov. V práci bol využitý hlavne Adobe Photoshop CS6. Boli tiež odskúšané aj iné konvertory. EasyToConvert RAW to TIFF je freeware avšak konvertuje len obmedzenú veľkosť obrazu, pre konvertovanie rôznych

veľkosť je nutné zakúpiť verziu Pro. Veľmi dobrým konvertorom je Total Image Converter, ktorý ponúka širokú škálu formátov, rôzne druhy kompresie a tiež je možné konvertovať naraz viacero obrazov.

Pre konverziu obrazu do formátu TIFF pre ďalšie spracovanie bol využitý Adobe Photoshop CS6. Umožňuje vybrať možnosť kompresie a pripojenie metadát. Pre TIFF obrazy použité v bakalárskej práci bola zvolená možnosť konverzie bez kompresie s pripojením metadát.



Obr 4.2. Voľba parametrov pri ukladaní TIFF formátu v Adobe Photoshop CS6

ItemName	Information
<b>Main Information</b>	
NewSubFileType	0
ImageWidth	3908
ImageHeight	2602
BitsPerSample	8,8,8
Compression	Uncompressed
PhotometricInterpretation	RGB
<b>Make</b>	<b>Canon</b>
<b>Model</b>	<b>Canon EOS 40D</b>
StripOffset	24964,540820,1056676,1572532,2088388,2604244,31...
Orientation	left-hand side
SamplesPerPixel	3
RowsPerStrip	44
StripByteCounts	515856,515856,515856,515856,515856,515856,51585...
XResolution	300/1
YResolution	300/1
ResolutionUnit	Inch
PageNumber	0,0
<b>Software</b>	<b>dcraw v9.12</b>
<b>DateTime</b>	<b>2009:12:10 16:02:41</b>
Artist	
WhitePoint	0/1000000,0/1000000
PrimaryChromaticities	0/1000000,0/1000000,0/1000000,0/1000000,0/10000...
YCbCrCoefficients	0/1000000,0/1000000,0/1000000
YCbCrPositioning	Unknown (0)

Obr. 4.3. Metadáta k jednému z použitých obrazov sietnice zobrazené v programe ExifReader

Informácie o jednotlivých obrazoch (metadáta) môžu byť zobrazené napríklad pomocou freewaru ExifReader (<http://www.takenet.or.jp/~ryuuji/minisoft/exifread/english/>). Software analyzuje a zobrazí nastavenie blesku, rýchlosť snímania, informácie o fotoaparáte a celkovom nastavení pri získaní dát a ďalšie informácie. Na obr. 4.2 je príklad metadát obrazu. Môžeme zistiť nielen rozmery obrazu (3908x2602) a použitie RGB farebného priestoru pri 8-bitovom kanáli, ale aj informácie o bielom bode, čas expozície, dátum získania obrazu a mnoho ďalších.

## **5. Návrh programu**

### **6. Programovacie prostredie LabVIEW**

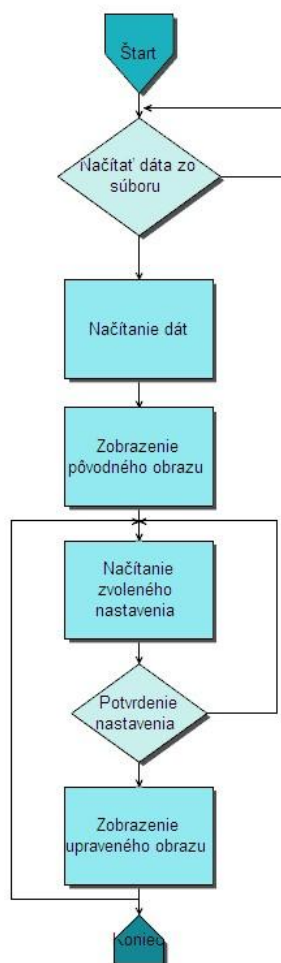
LabVIEW je vývojové prostredie, ktoré namiesto klasického textového programovania umožňuje tvoriť programy v grafickej interpretácii, intuitívne a samozrejme tým pádom aj rýchlejšie.

Programy vytvorené v Labview sa nazývajú virtuálne inštrumenty. Základnými časťami sú čelný panel a blokový diagram. Čelný panel obsahuje ovládacie prvky a blokový diagram funkčné prvky, ktoré vykonávajú jednotlivé operácie. [3]

IMAQ Vision pre LabVIEW je knižnica funkcií napomáhajúca pri spracovaní obrazu. IMAQ Vision je organizovaný do štyroch hlavných funkčných paliet: nástroje na videnie, spracovanie obrazu, strojové videnie a vision express. NI Vision Assistant je nástroj na testovanie prototypov a testovanie rôznych funkcií na spracovanie obrazu. [21] Vytvorenie aplikácie je veľmi jednoduché vďaka prijateľnému užívateľskému rozhraniu, ktoré dokáže samo vytvoriť skript k jednotlivým procesom. Vytvorený skript je plne kompatibilný s LabVIEW.

#### **5.1 Návrh programu**

Program (obr. 5.1) sa bude skladať z 3 základných častí. Prvá časť je spojená s načítaním obrazu zo súboru. Po načítaní dát zo súboru sa pôvodný obraz zobrazí a je pripravený na ďalšie spracovanie. Druhý celok bude tvoriť skupina funkcií určená na spracovanie obrazu. Zahrňuje úpravu jasů, kontrastu, histogram, ekvalizáciu histogramu, geometrické operácie, prahovanie a výber žiadaného farebného kanálu. Tretia časť je samotný výstup programu a zobrazenie obrazu s implementovanou úpravou.



Obr. 5.1. Vývojový diagram programu

Program pracuje so základnými funkciami LabVIEW Student Edition 2011, ako aj s rozšírenou knižnicou IMAQ Vision, určenou špeciálne na spracovanie obrazu. Bude využitý NI Vision Assistant a jeho schopnosť generovať automatický skript.

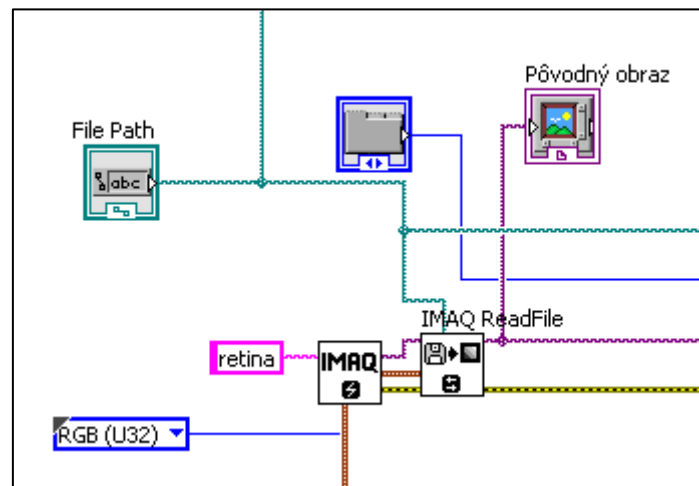
## 6. Implementácia programu

Pri riešení praktickej časti programu sa vyskytli problémy s priamym načítaním obrazu v CR2 formáte do programového prostredia LabVIEW. Vhľadom k nutnosti použitia DLL knižníc tretích strán, ktoré nie sú dokumentované, bolo po dohode s vedúcim práce rozhodnuté spracovávať obrazy vo formáte TIFF. Podľa týchto skutočností bol pozmenený program a aj jeho funkcie.

Program má dve časti. Blokový diagram so skriptom a užívateľské rozhranie vo forme front panelu.

## 6.1 Načítanie obrazu

Obraz, ktorý chceme spracovať sa načíta zo súboru pomocou ovládača na front paneli do virtuálneho nástroja Imaq ReadFile. Načítava obrazové súbory v rôznych štandardných formátoch (BMP, TIFF, JPEG, PNG, AIDP a JPEG2000). Pre vytvorenie priestoru v dočasnej pamäti je použitý nástroj Imaq Create. Je potrebné správne definovať typ obrazu, s akým sa bude pracovať, v tomto prípade RGB (32 bitov na pixel). Z Imaq ReadFile vystupuje načítaný obraz ďalej do štruktúry Event pre ďalšie spracovanie a je tiež zobrazený na front paneli pomocou Image Display.



Obr. 6.1. Načítanie obrazu zo súboru

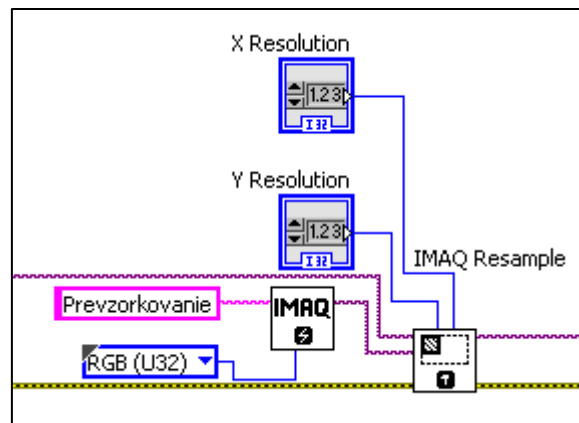
## 6.2 Spracovanie obrazu

Hlavnú časť programu tvoria funkcie na spracovanie obrazu. Pre prehľadnosť a tým pádom aj jednoduchšie ovládanie bola zvolená štruktúra Event, ktorá umožňuje jednoduché prepínanie medzi skriptami. Jednotlivé skripty sú potom ovládané z front panelu pomocou Tab control. Pre spracovanie farebného obrazu sú použité nasledujúce funkcie.

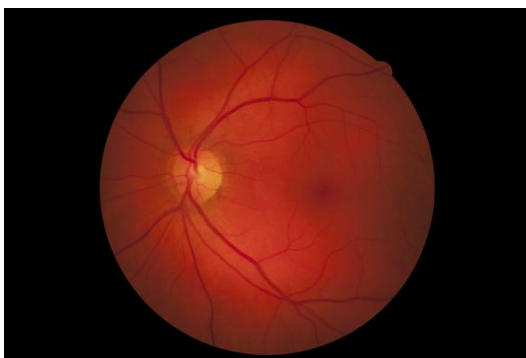
### Prevzorkovanie

Skript Prevzorkovanie slúži k samotnému prevzorkovaniu obrazu podľa užívateľom zadáných rozmerov. Je využitý nástroj IMAQ Resample. Vstupom je obraz a rozlíšenie v rovine x a y, ktoré je možné nasatviť na front paneli. Výstupom je zväčšený alebo zmenšený obraz.





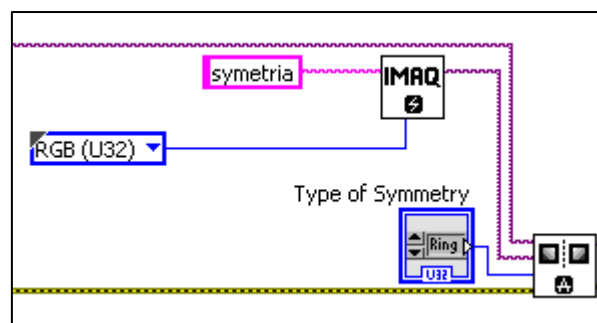
Obr. 6.2. Ukážka skriptu na prevzorkovanie obrazu



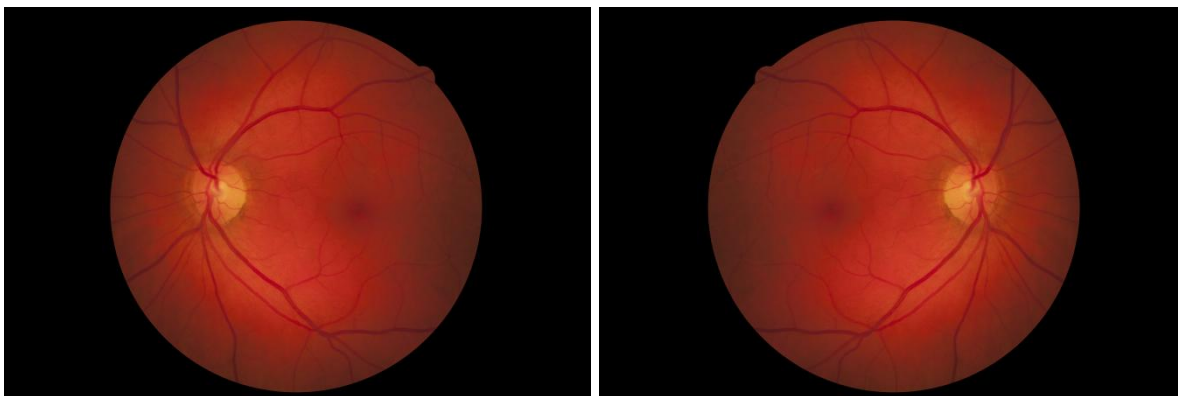
Obr. 6.3. Vpravo: pôvodný obraz (3888x2592), vľavo: prevzorkovaný obraz (1000x1000)

## Symetria

Program umožňuje meniť symetriu podľa vybranej osy; horizontálnej, vertikálnej alebo centrálnej pomocou ovládača na front paneli. Vertikálnu symetriu môžeme považovať za proces, kde výsledný obraz  $[x]$ ,  $[y]$  je vlastne pôvodný obraz  $[\text{šírka}-x]$ ,  $[y]$ . Pri horizontálnej symetrii zas platí, že výsledný obraz  $[x]$ ,  $[y]$  je pôvodný obraz  $[x]$ ,  $[\text{výška}-y]$ . K transformácii obrazu podľa danej symetrie je využitý virtuálny nástroj IMAQ Symmetry a výstupom je samotný transformovaný obraz.



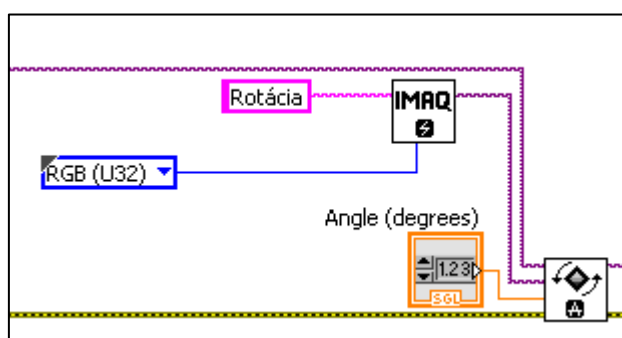
Obr. 6.4. Ukážka skriptu na transformáciu obrazu podľa danej symetrie



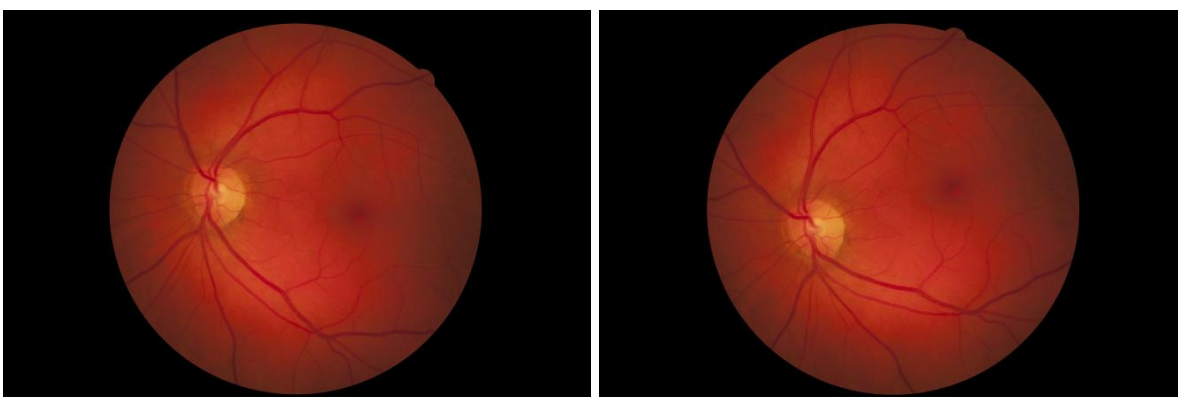
Obr. 6.5. Vpravo:pôvodný obraz, vľavo: obraz s vertikálnou symetriou

## Rotácia

Ďalšou transformáciou, ktorá môže byť aplikovaná, je rotácia obrazu. V tomto prípade, lokácia pixelov v obraze je rotovaná podľa osy, ktorá je určená centrom obrázku. Program využíva nástroj IMAQ Rotate. Vstupom je obraz a uhol, o ktorý chceme obraz otočiť. Nastavenie uhlu sa ovláda z front panelu. Výstupom je obraz otočený o požadovaný uhol.



Obr. 6.6. Ukážka programu na rotáciu obrazu

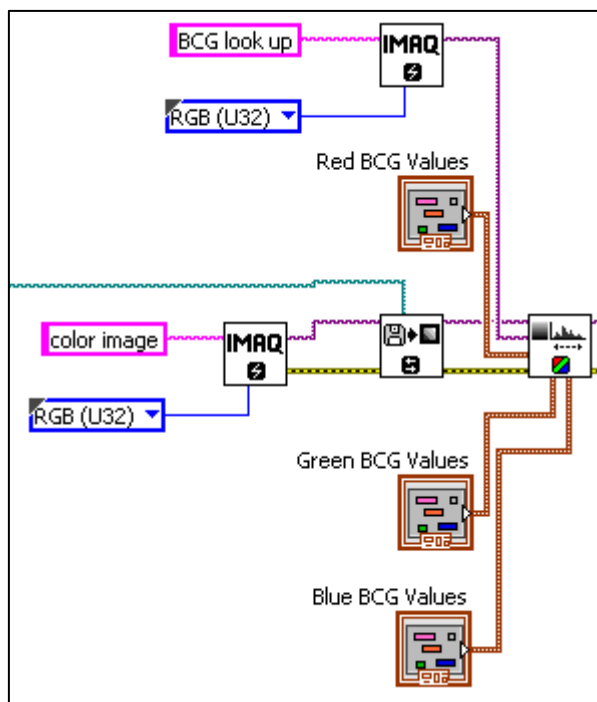


Obr. 6.7. Vpravo: pôvodný obraz, vľavo: upravený obraz s rotáciou o 25 stupňov

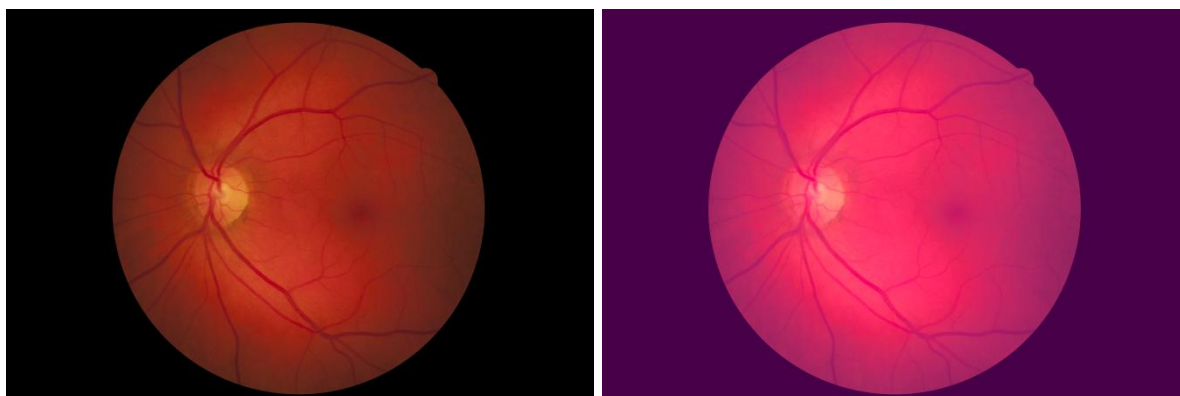
## Jas, kontrast, gamma

Táto časť programu umožňuje aplikáciu jasových, kontrastových a gamma korekcie úprav na jednotlivé farebné roviny. Program využíva nástroj IMAQ Color BCG Lookup. Vstupmi sú hodnoty nastavené pomocou ovládača vo front paneli pre jednotlivé kanály a výstupom je upravený obraz.

Ak upravujeme len jeden z kanálov, je možné, že bude porušená farebná rovnováha z dôvodu dominancie alebo nedostatku jednej z farieb. Ak upravujeme napríklad dva kanály, bude dominovať ich kumulatívny efekt.



Obr. 6.8. Ukážka skriptu k úprave jas, kontrastu a gamma korekcie.

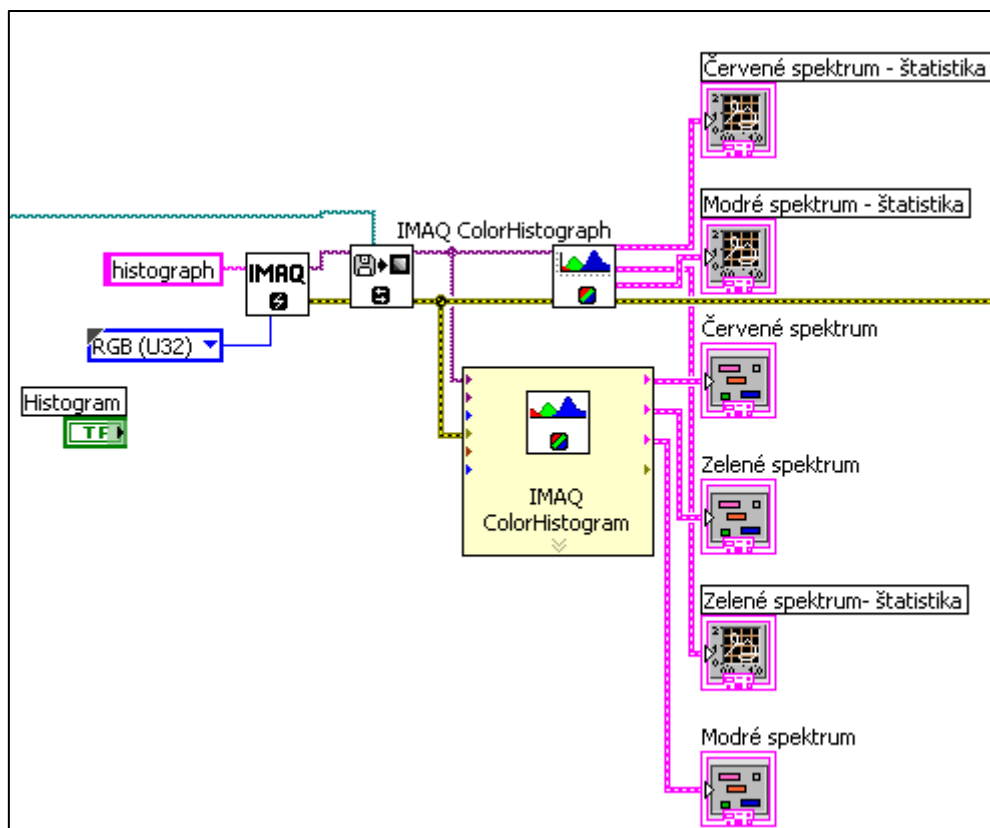


Obr. 6.9. Vpravo: pôvodný obraz, vľavo: obraz s výrazne zvýšenou hodnotou jas v červenej a zelenej rovine.

## Histogram

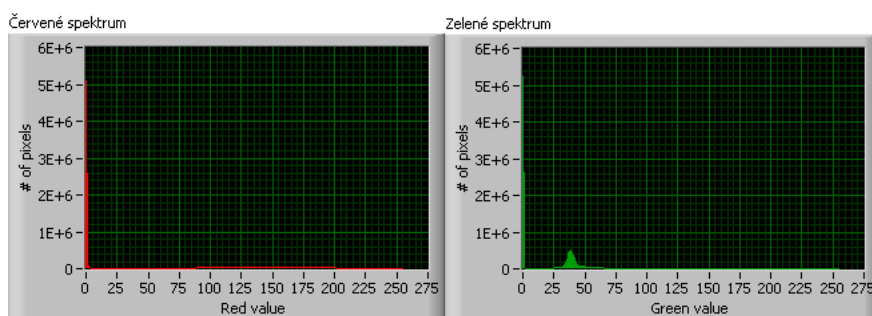
Histogram ukazuje zmenu farieb (RGB) v rozsahu hodnôt (pri 8-bitovom prevodníku od 0 do 255). LabVIEW ponúka dva základné nástroje, histogram a histograf, ktoré

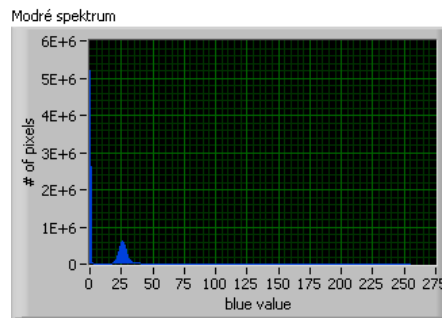
zobrazujú v podstate to isté, akurát v inej podobe. Histogram podáva numerické (kvantitatívne) informácie o distribúcii pixela v závislosti na veľkosti farebnej hodnoty. Histogram zobrazuje informácie v podobe grafu. Oba nástroje sú implementované v jednom skripte. Výstupom histogramu sú štatistické informácie ohľadne farebného spektra. Výstupom histogramu sú samotné grafy.



Obr. 6.10. Časť skriptu slúžiaca na zobrazenie histogramu a histogramu obrazu

Tri oddelené histogramy zaznamenávajúce hodnoty červenej, zelenej a modrej vlastne korešpondujú s projekciami 3D histogramu do primárnych os. Skutočný farebný histogram by bol teda 3D. Avšak 3D reprezentácia je nepraktická hneď z dvoch dôvodov. 3D histogram vyžaduje veľa miesta (asi 64 Megabitov) a je problematické zobrazit' 3D dáta a pracovať s nimi. [22]

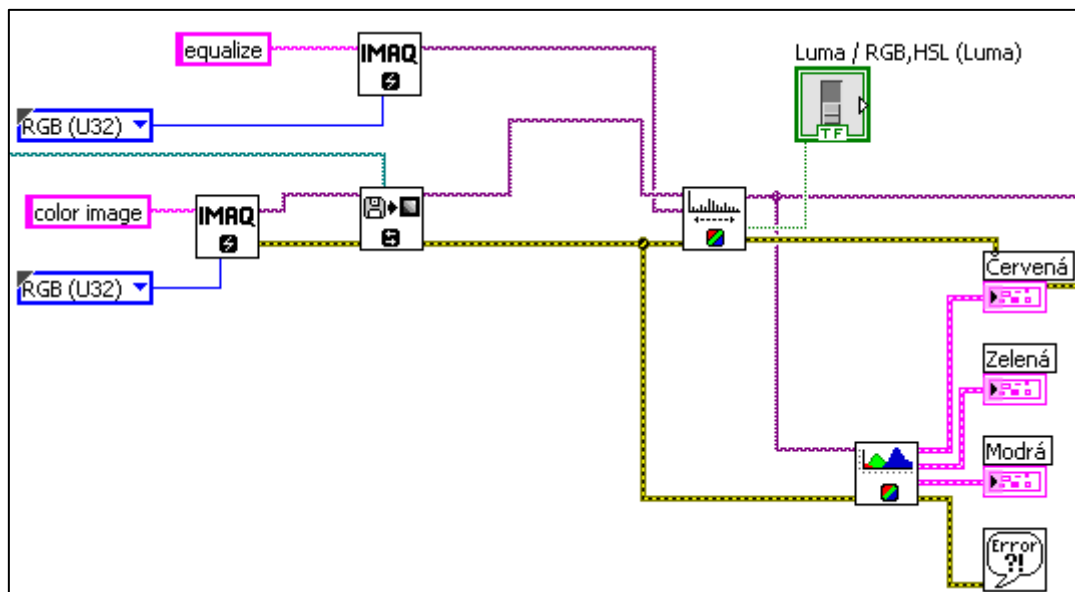




Obr. 6.11. Farebné histogramy pre obraz siete

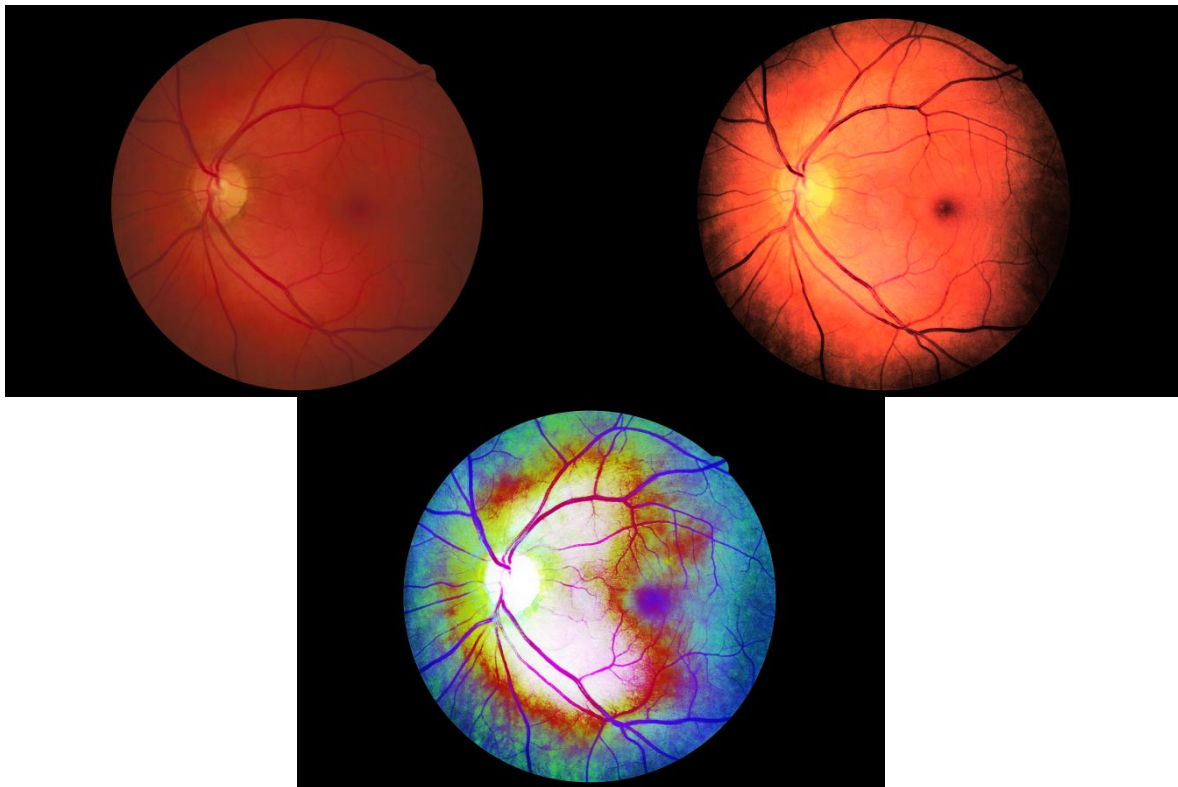
## Farebná ekvalizácia

Program farebná ekvalizácia využíva nástroj IMAQ Color Equalize k vyváženiu jasu alebo všetkých troch farebných rovín. Vstupom je pôvodný obraz a výstupom ekvalizovaný obraz podľa daného parametru a histogramy pre jednotlivé farebné roviny. Na front paneli je možnosť zvoliť si buď vyváženie jasu alebo farebných rovín.



Obr. 6.12. Ukážka programu k ekvalizácii obrazu

Ekvalizácia v jasovej rovine zachováva odtieň a saturáciu farieb obrazu. Ekvalizácia všetkých troch farebných rovín dáva silnejší kontrast, ale mení odtieň a saturáciu farieb obrazu.

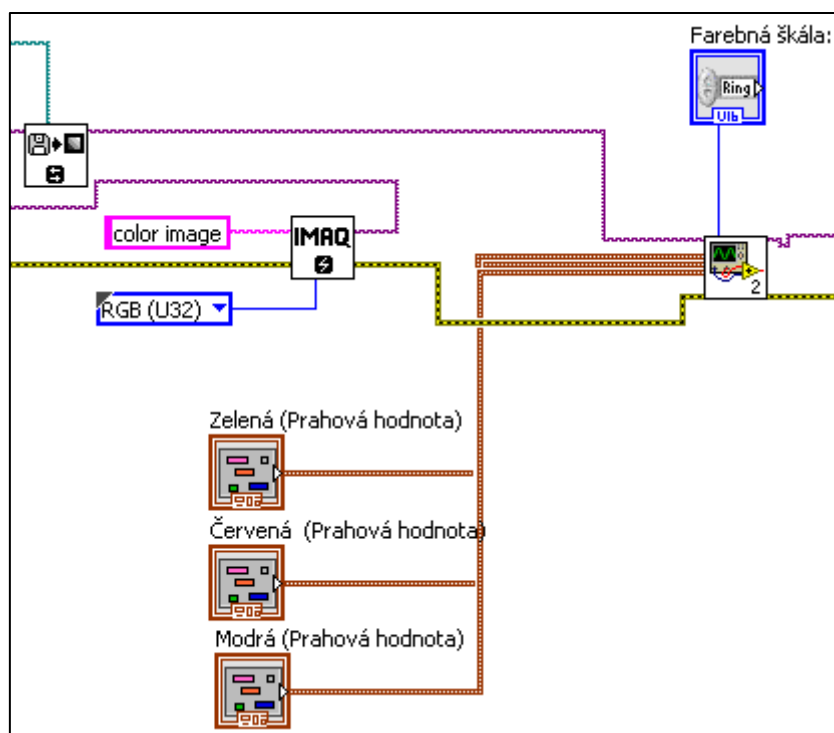


Obr. 6.13. Vľavo hore: pôvodný obraz, vpravo hore: obraz s vyváženým jasom, dolu: obraz s výváženými farebnými rovinami

## Prahovanie

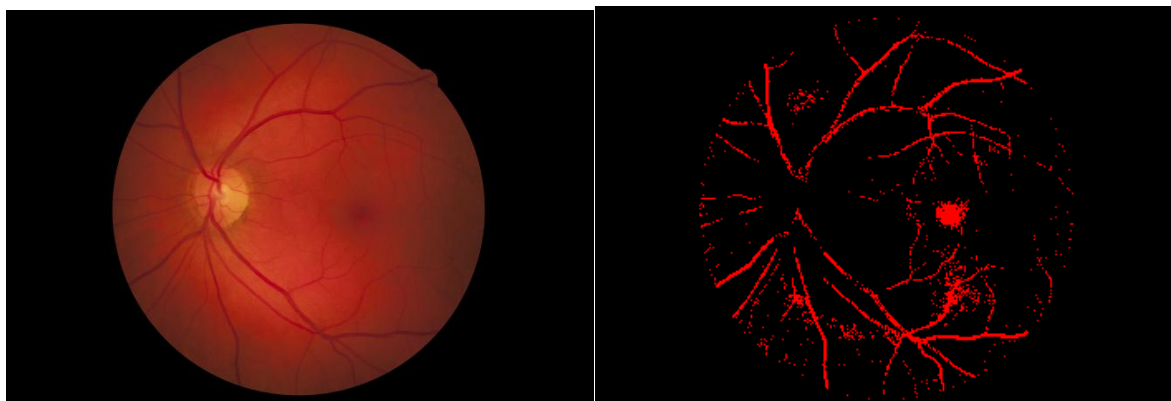
Prahovanie RGB obrazu je vcelku zložitý proces vzhľadom na to, že jednotlivé farebné roviny sa prekrývajú a je ťažšie nájsť správne hodnoty.

Program načíta pôvodný obraz a pomocou nástroja `threshold.vi` (IMAQ Color Threshold) aplikuje hodnoty prahu podľa zadaných parametrov. Užívateľ zadá požadovanú spodnú a hornú hranicu pre jednotlivé farebné roviny. Výstupom je binárny obraz. Je vhodné zmeniť farebnú škálu zo šedotónovej na binárnu, inak bude obraz vďaka rozsahu hodnôt skoro čierny.



Obr. 6.14. Ukážka skriptu pre farebné prahovanie

Threshold.vi bol generovaný pomocou NI Vision Assistant ako ukážka jednoduchšej implementácie automatického skriptu do programu. Jednotlivé prahové hodnoty sú ovládané na front paneli pomocou ovládačov. Je tiež k dispozícii výber farebnej škály, ale vzhľadom na druh spracovávaného obrazu, je použitá len RGB škála.

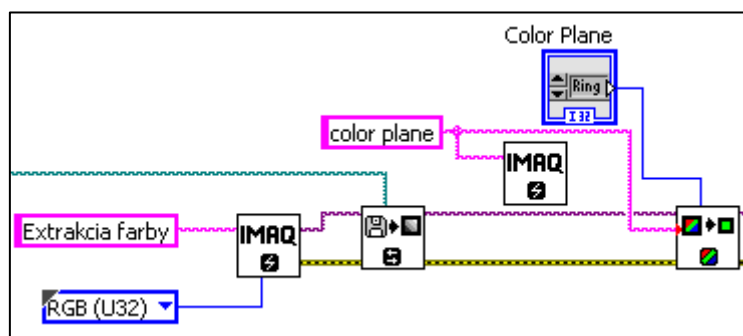


Obr. 6.15. Prahovanie: vľavo pôvodný obraz, vpravo obraz s nastavenými prahovými hodnotami – červená: 40-225, zelená: 10-255, modrá: 10-33

## Výber farebného kanálu

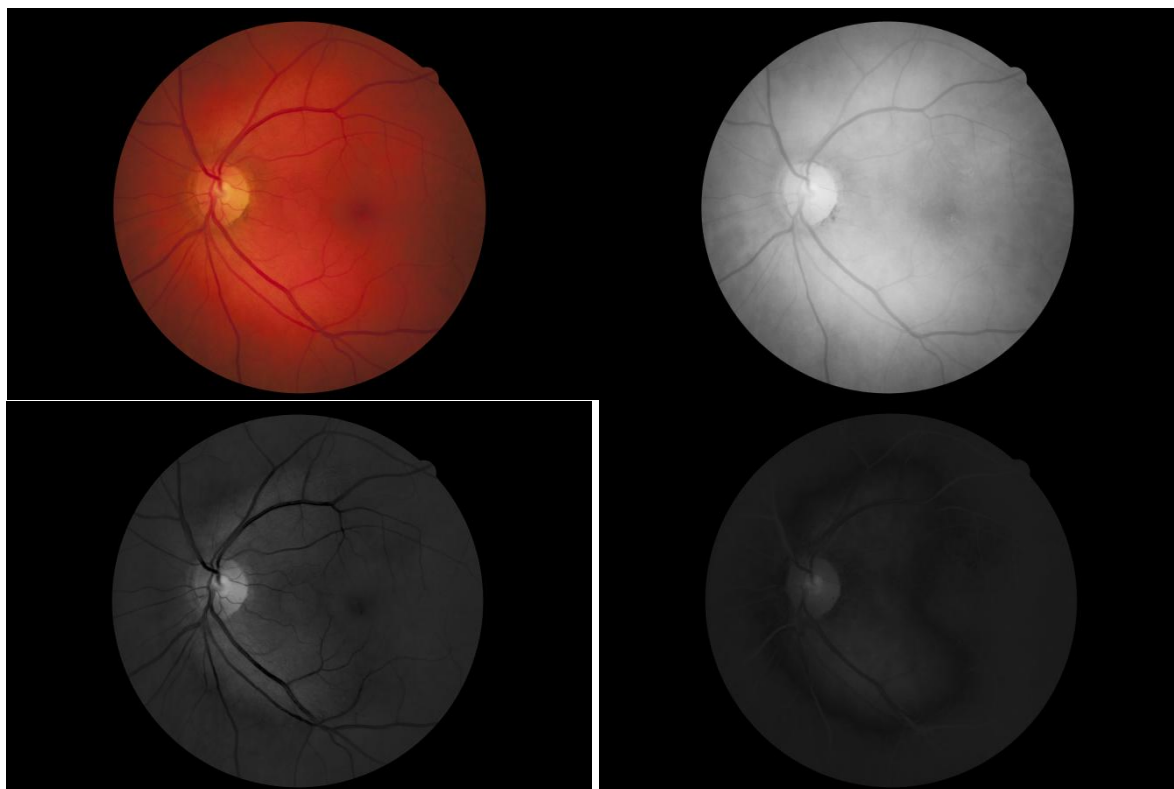
RGB model je založený na kombinácii červenej (R), zelenej (G), a modrej (B) v rôznych proporciách za účelom dosiahnutia širokej škály farieb. Každý pixel farebného obrazu má 3 hodnoty pre červenú, zelenú a modrú zložku. Preto môže byť farebný obraz reprezentovaný troma rovinami. Červená rovina zahŕňa červenú zložku hodnôt pre všetky

pixely, Zelená rovina zahŕňa zelenú zložku hodnôt pre všetky pixely a modrá rovina zas modrú zložku hodnôt pre všetky pixely obrazu.



Obr. 6.16. Časť skriptu slúžiaca na extrakciu žiadanej farebnej roviny

Pri analýze obrazov sietnice oka často potrebujeme len vybrané roviny pre zvýraznenie štruktúr očného pozadia. Program umožňuje vybrať želanú farebnú rovinu a zobrazí ju. Obraz sa načíta z dočasnej pamäte a pomocou virtuálneho nástroja IMAQ Extract Single Color Plane sa vyberie žiadaná rovina. Farebnú rovinu môžeme zvoliť pomocou ovládača na front paneli. Vzhľadom na druh spracovávaného obrazu je výber obmedzený len na tri – červenú, zelenú a modrú. 8-bitový obraz v danej farebnej rovine je následne zobrazený.

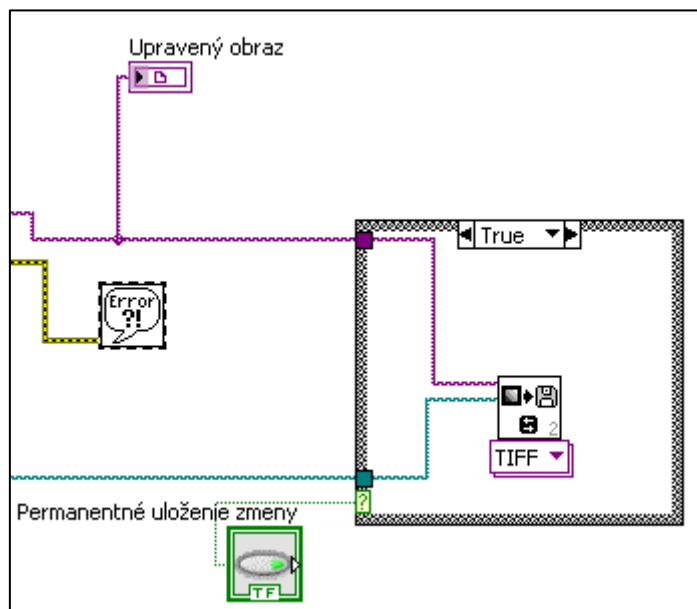


Obr. 6.17. Vľavo hore: pôvodný obraz, vpravo hore: červená zložka obrazu, vľavo dole: zelená zložka obrazu, vpravo dole: modrá zložka obrazu.



### 6.3 Uloženie obrazu

Program umožňuje permanentné uloženie zmien prevedených pri spracovaní. Upravený obraz je pomocou IMAQ WriteFile uložený do adresára namiesto pôvodného obrazu. Uložený obraz sa hneď môže načítať a použiť k ďalšej úprave. Voľba permanentnej zmeny sa volí na front paneli pomocou tlačidla on/off.

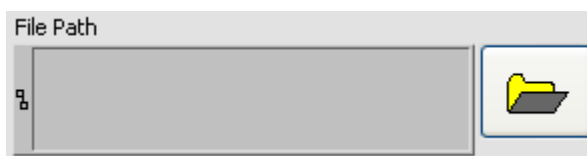


Obr. 6.18. Voliteľné uloženie zmien v obraze

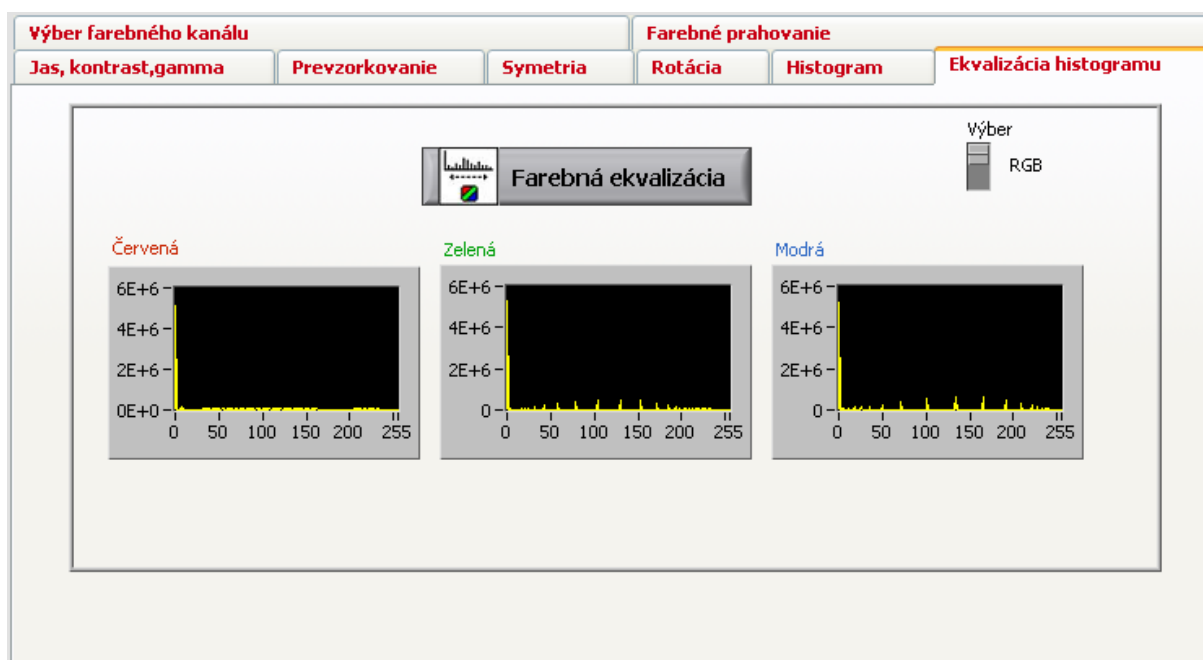
## 7. Ovládanie programu

Ovládanie programu je veľmi jednoduché. Na front paneli sa nachádza Tab control, ktorý umožňuje výber jednotlivých nástrojov na spracovanie obrazu. Celkovo obsahuje osem záložiek: Jas, kontrast, gamma, Prevzorkovanie, Symetria, Rotácia, Histogram, Ekvalizácia histogramu, Výber farebného kanálu a Farebné prahovanie. Pod jednotlivými záložkami sú ovládacie tlačidlá na určenie parametrov.

Pri každej zmene parametru je nutné operáciu opätovne potvrdiť, aby sa previedla. Obraz sa načítava z vybranej zložky. Výber file path prebieha pomocou kliknutia na ikonu a následného výberu adresára. Súčasťou front panelu je tlačítko umožňujúce voľbu uloženia alebo neuloženia zmien v obraze.

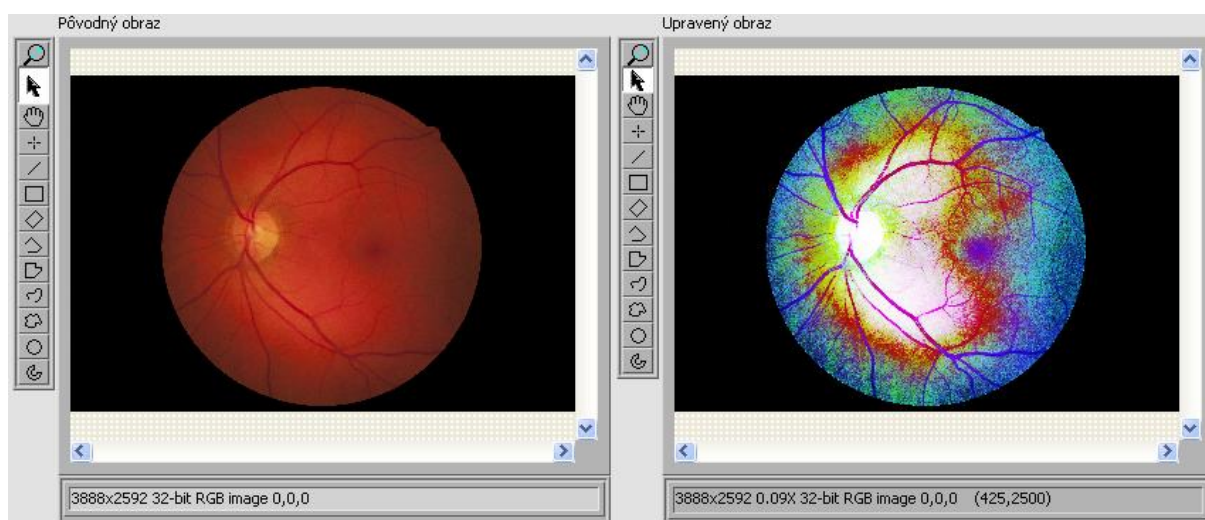


Obr. 7.1. Ikona a ovládač pre načítanie obrazu zo súboru



Obr. 7.2. Ukážka vzhľadu front panelu – Tab Control pre výber jednotlivých nástrojov na spracovanie obrazu

Medzi hlavné súčasti panela patria aj dva displeje zobrazujúce pôvodný a upravený obraz. Veľkosť obrazu je prednastavená tak, aby sa celý zobrazil. V prípade, že by užívateľ chcel zväčšiť obraz, pre lepšiu viditeľnosť detailov, tak môže túto možnosť jednoducho pravým tlačítkom myši zmeniť.



Obr. 7.3 Ukážka front panelu. Displej s pôvodným a upraveným obrazom

## Záver

V bakalárskej práci boli popísané metódy využívané pre diagnostiku chorôb sietnice oka. Bližšie bola popísaná diagnostika pomocou digitálnej fundus kamery. Ďalej bol uvedený a popísaný formát Canon RAW formát CR2. Vzhľadom na zmenu v riešení praktickej časti bol tiež popísaný obrazový formát TIFF a softwarové možnosti prevodu medzi týmito dvoma formátmi. Časť venovaná zlepšeniu kvality obrazu, tj. spracovaniu obrazu, popisovala možnosti ako subjektívne zlepšiť kvalitu snímkov z fundus kamery alebo prípadne zvýrazniť vybrané časti obrazu, ako napríklad výber farebného kanálu, potrebné na diagnostiku konkrétnej choroby sietnice.

Druhá praktická časť bakalárskej práce sa zaoberá praktickou implementáciou metód spracovania obrazu a vytvorením funkčného softwaru v prostredí LabVIEW 11.0. Pri pokuse naprogramovať priame načítanie CR2 formátu do LabVIEW však nastali komplikácie s nekompatibilitou formátov. Vzhľadom k nutnosti použitia DLL knižníc tretích strán, ktoré nie sú dokumentované, bolo po dohode s vedúcim práce rozhodnuté spracovávať obrázky vo formáte TIFF. Podľa týchto skutočností bol pozmenený program a aj jeho funkcie a tiež doplnená teória.

Program môže umožniť užívateľovi základnú úpravu snímkov z digitálnej fundus kamery pomocou vybraných funkcií. K programu je vytvorená užívateľská príručka.

## Zoznam použitých skratiek

CFA	farebná mozaika filtra
CFM	farebná matica filtra
CR2	RAW formát od Canon
DLL	dynamicky spojená knižnica
FAG	fluorescenčná angiografia
NI	National Instruments
OKT	optická koherentná tomografia
RAW dáta	surové dáta
RGB filter	filter farebných kanálov: červený, zelený, modrý
SLO	skenovacia laserová oftalmoskopia
TIFF	Tagged image file format, druh obrazového formátu
VNV	vrstva nervových vlákien

## Zoznam použitej literatúry

- [1] KVAPILÍKOVÁ, K. *Vyšetřování oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. 87 s. ISBN: 80-7013-195-0.
- [2] SOBOTKA, Z., SOBOTKA, M. *Základy číslicového zpracování obrazu*. Praha : Dům techniky ČSVTS, 1990. 357 s. ISBN 80-02-00736-0.
- [3] VLACH, J.; HAVLÍČEK, J.; VLACH, M. *Začínáme s LabVIEW*. Praha: BEN – technická literatura, 2008. 248 s. ISBN: 978-80-7300-245-9.
- [4] JAN, J. *Medical Image Processing, Reconstruction and Restoration - Concepts and Methods*. FL, USA: CRC Press, Taylor and Francis Group, 2006. 760 s. ISBN: 0-8247-5849-8.
- [5] KOLÁŘ, R.; ČERNOŠEK, P.; JAN, J.; KUBĚNA, T. *Statistická analýza vrstvy nervových vláken v barevných digitálních snímcích sítnice*. Česká a slovenská oftalmologie, 2009, roč. 65, č. 2, s. 53-58. ISSN: 1803- 6597.
- [6] KLINGER, T. *Image processing with LabVIEW and IMAQ Vision*. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, 2003. 319 s. ISBN 0-13-047415-0.
- [7] YANOFF, M.; SASSANI, W. *Ocular Pathology*. 6<sup>th</sup> edition, China: Elsevier, 2009. 789 s. ISBN: 978-0-323-04232-1.
- [8] KOLEKTÍV AUTOROV. *Diagnostika a léčba očních chorob v praxi*. Praha: Triton, 2004. 618 s. ISBN: 80-7254-536-1.
- [9] *Quantitative Three-Dimensional Imaging of the Posterior Segment with the Heidelberg Retina Tomograph*. Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Germany
- [10] KIRIČENKOVÁ, L. *Diagnostické zobrazovací metody v oftalmologii*. [s.l.], 2008. 61 s. bakalářská práce na Lékařské fakultě Masarykovy univerzity. Vedoucí bakalářské práce MUDr. Tomáš Jurečka, Ph.D.
- [11] PATRICK, S., MARSHALL T. *Ophthalmic Photography: Retinal Photography, Angiography, and Electronic Imaging*, 2<sup>nd</sup> edition, Butterworth-Heinemann Medical, 2002. 424 s. ISBN: 0750673729
- [12] *CR2 file extension*. [online]. [cit. 27.12.2012]. Dostupé z: <http://dotwhat.net/cr2/8737/>
- [13] FTÁČNIK, *Zlepšenie kvality obrazu*. In Spring Conference on Computer Graphics 2001, Viničné 28 – 30 apríl 2001[online]. 2001 [cit. 27.12.2011]. Dostupné z: <http://www.sccg.sk/~ftacnik/IP-4.pdf>
- [14] JAN, J. *Digital signal filtering, analysis and restoration*. London: The institution of Electrical Engineers, 2000. 407 s. ISBN: 0-85296-760-8.
- [15] HLAVÁČ, V., SEDLÁČEK, M. *Zpracování signálů a obrazů*. Praha : ČVUT, 2007. 255 s. ISBN 978-80-01-03110-0.

[16] SOBOTKA, Z., SOBOTKA, M. *Základy číslicového zpracování obrazu*. Praha : Dům techniky ČSVTS, 1990. 357 s. ISBN 80-02-00736-0.

[17] *IMAQ Vision concept manual* [online]. Austin Texas: National Instruments Corporation, 2003 [cit. 17.5.2012]. Dostupné z WWW: <http://www.ni.com/pdf/manuals/322916b.pdf>.

[18] *Vše o formátu RAW* [online]. [cit. 18.5.2012] Dostupné z WWW: <http://www.digimanie.cz>

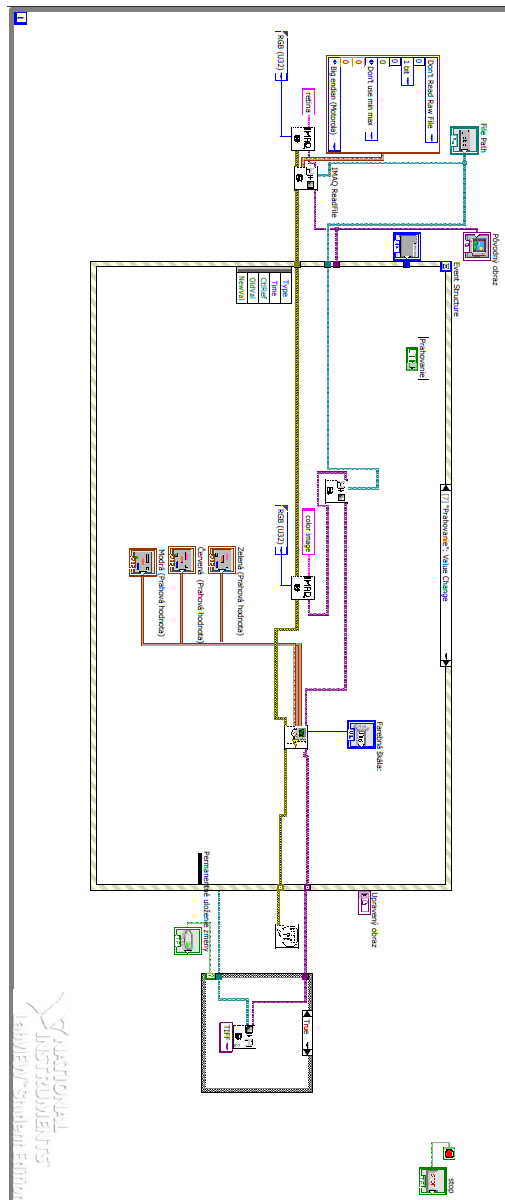
[19] DAYLEY, B., DAYLEY, D. *Adobe Photoshop CS6 Bible*. USA: John Wiley & Sons, 2012. 1104 s. ISBN: 978-1-1181-2388-1.

[20] HARMAN, D. *Digital photography handbook*. London: Quercus Publishing Plc, 2010. 224 s. ISBN: 978-1-84866-089-2.

[21] *NI Vision assistant manual* [online]. [cit. 18.5.2012]. Dostupné z WWW: <http://www.ni.com/pdf/manuals/372228l.pdf>

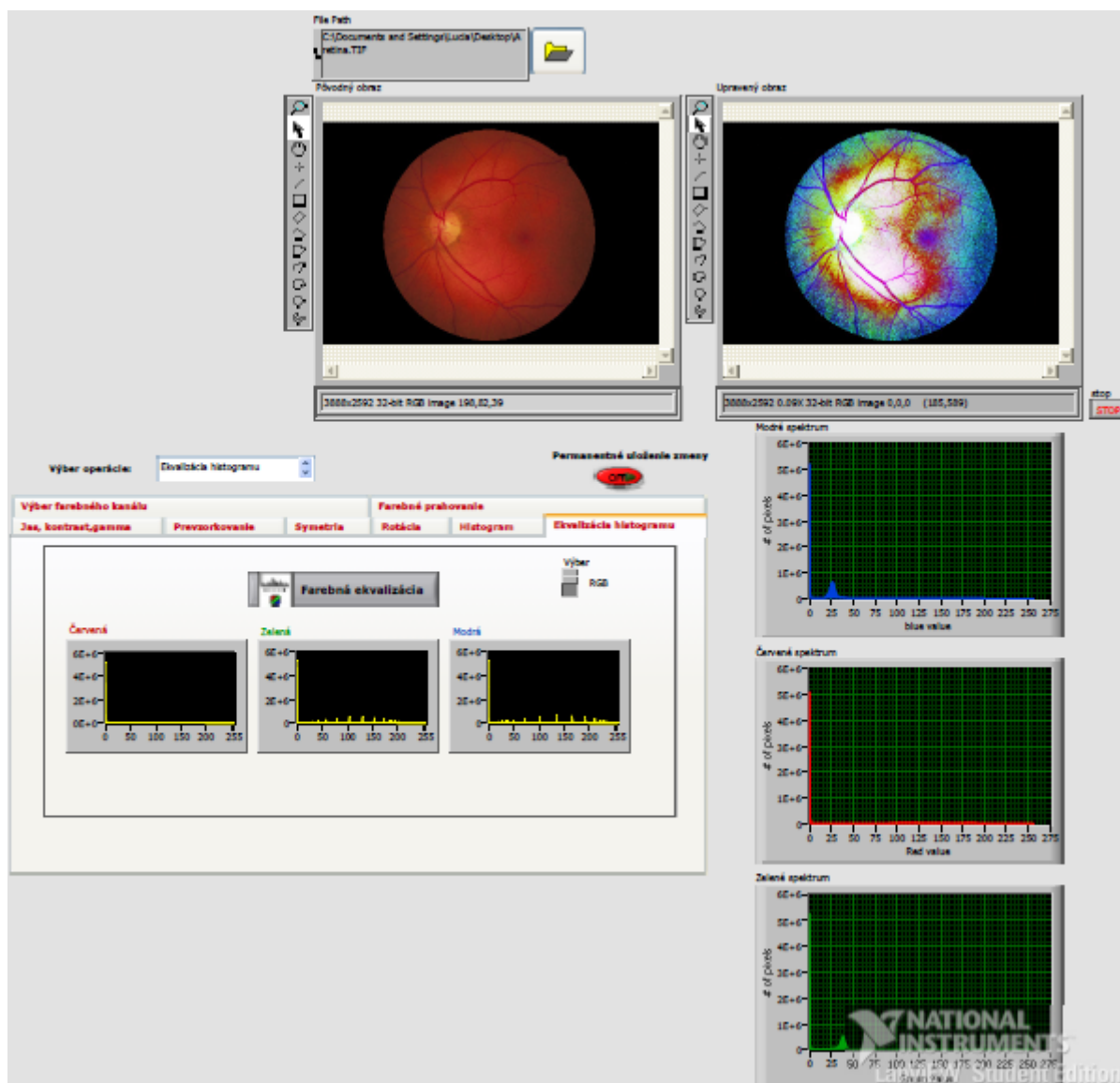
[22] ERTURK, S. *Digital Image Processing with LabVIEW*. Austin: National Instruments Corporation, 2003. 114 s.

## Príloha A: Bloková schéma programu



Obr. A.1. Ukážka blokovej schémy programu

## Príloha B: Ovládací panel



Obr. B.1. Ukážka front panelu



## **Príloha C: Obsah CD**

- Program pre spracovanie obrazu
- Obrazy siete oka z fundus kamery (formát raw a tiff)
- Text bakalárskej práce
- Užívateľská príručka k programu